TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DE

PHYSIQUE.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

OU

PRINCIPES



DE PHYSIQUE,

Fondés sur les connoissances les plus certaines, tant anciennes que modernes, et confirmés par l'expérience.

PAR MATHURIN-JACQUES BRISSON,

Membre de l'Institut national des Sciences et des Arts, et Professeur aux Écoles centrales de Paris.

QUATRIÈME ÉDITION,

REVUE, CORRIGÉE ET AUGMENTÉE PAR L'AUTEUR.

TOME TROISIÈME.



A PARIS,

CHEZ BOSSANGE, MASSON ET BESSON.

AN XI. — MDCCCIII.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE PHYSIQUE

CHAPITRE XVI.

De l'Astronomie physique.

1678. L'ASTRONOMIE est la science des astres. C'est par le moyen de cette science que l'on connoît les mouvemens des corps célestes, la durée de leurs révolutions, soit réelles, soit apparentes, leurs positions et leurs distances respectives, etc.

1679. L'origine de l'astronomie est fort obscure, et paroît être fort ancienne. « On ne peut pas douter, dit *Cassini* (*Mémoir. de l'Acad. des Scienc. tom. VIII, pag.* 1), que l'astronomie n'ait été inventée dès le commencement du monde.... Ce ne » fut pas seulement la curiosité qui porta les hommes » à s'appliquer aux spéculations astronomiques : on » peut dire que la nécessité même les y obligea. Car » si l'on n'observe pas les saisons qui se distinguent » par le mouvement du soleil, il est impossible de » réussir dans l'agriculture, etc. ».

1680. L'astronomie, qui, quand elle seroit inutile aux hommes, tireroit toujours de son objet une assez grande dignité, est, outre cela, une des parties les plus nécessaires des mathématiques. C'est d'elle que dépendent la navigation, la géographie, et la chronologie. Car ce n'est que par son secours qu'on peut passer les mers et pénétrer dans les pays éloignés, connoître ceux même que l'on habite, et régler les dates des siècles passés.

1181. *Hypparque* jeta les premiers fondemens d'une astronomie méthodique, 147 ans avant Jésus-Christ, lorsqu'à l'occasion d'une nouvelle étoile fixe qui paroissoit, il fit le dénombrement de ces étoiles, afin que, dans les siècles suivans, on pût reconnoître s'il en paroissoit encore de nouvelles. *Ptolémée*, environ 280 ans après, ajouta ses obervations à celles d'*Hypparque*, et par l'avantage naturel qu'ont toujours les derniers en ces sortes de matières, il rectifia beaucoup celles d'*Hypparque*. Ensuite l'astronomie fut fort négligée jusqu'au milieu du treizième siècle, dans lequel temps *Alphonse*, roi de Castille, fit faire des tables plus exactes que les précédentes, et qui cependant l'étoient encore fort peu; car un grand astronome, ayant été assez heureux ou attentif, l'an 1660, pour voir toutes les planètes en une seule nuit, n'en trouva pas une dans le lieu où elle eût dû être selon les tables qui avoient été faites par ordre du roi de Castille.

1682. Ce fut dans le seizième siècle que l'astronomie prit un nouveau lustre, par le système de *Copernic* (né à Thorn dans la Prusse Royale, en 1472), publié à Nuremberg en 1543, et perfectionné

ensuite par *Kepler* et *Galilée*; système si hardi, et dès-lors si vraisemblable, et dont les observations de notre siècle ont confirmé la vérité.

1683. Nous supposons qu'on connoît la sphère armillaire, les points, les lignes, et les cercles grands et petits, qui la composent; leur correspondance avec ceux qu'on trace sur les globes célestes et terrestres, pour en diviser plus aisément la surface; les cercles de longitude et de latitude, etc. Nous n'en parlerons donc point; parce que ce sont autant de connoissances qui font partie de la première éducation, et qu'en outre, on les trouve dans tous les traités, même simplement élémentaires, de géographie.

1684. La surface du ciel nous paroît parsemée d'étoiles. Entre les étoiles et nous, il y a d'autres astres, qui changent continuellement de positions respectivement les uns aux autres. On a cherché à rendre raison de leurs mouvemens et de leurs différentes situations, par différens systêmes.

1685. On appelle *systême du monde*, l'assemblage et l'arrangement des corps célestes, et l'ordre selon lequel ces corps sont situés relativement les uns aux autres, et suivant lequel ils se meuvent : en un mot, c'est la disposition des orbites planétaires. Mais avant de parler de la véritable situation de ces orbites, il est bon de dire un mot des hypothèses anciennement imaginées pour expliquer les mouvemeus des corps célestes.

1686. Les anciens philosophes, qui connoissoient très-peu les circonstances du mouvement des planètes, n'avoient pas des moyens évidens pour connoître la véritable disposition de leurs orbites : c'est

pourquoi ils varièrent beaucoup d'opinion sur ce sujet. Ils supposèrent d'abord la terre immobile au centre du monde, et que tous les corps célestes tournoient autour d'elle, comme on est naturellement porté à le croire, avant d'avoir discuté les preuves du contraire.

1687. Les *Babyloniens*, et ensuite *Pythagore* et ses disciples, ayant examiné de plus près ces idées des sens, firent de la terre une planète, et placèrent le soleil immobile au centre du monde, ou, pour mieux dire, au centre de notre système planétaire.

1688. *Platon* fit ensuite revivre le système de l'immobilité de la terre; et plusieurs philosophes suivirent ce sentiment, entr'autres *Ptolémée*. On doit être surpris que, le véritable système du monde ayant été découvert, l'hypothèse, dans laquelle on suppose que la terre est le centre des mouvemens célestes, ait prévalu; car quoique cette hypothèse s'accorde avec les apparences, et qu'elle semble d'abord d'une extrême simplicité, il s'en faut beaucoup qu'il soit aisé d'y rendre compte des mouvemens célestes : aussi *Ptolémée*, et ceux qui depuis lui ont voulu soutenir cette opinion du repos de la terre, ont-ils été obligés d'embarrasser les cieux de différens épicycles et d'une grande quantité de cercles très-difficiles à concevoir et à employer; car il n'y a rien de si difficile que de mettre l'erreur à la place de la vérité.

1689. *Système de Ptolémée. Ptolémée*, qui écrivoit environ l'an 140, est celui qui a donné son nom à ce système, parce que son *Almageste* est le seul livre détaillé qui nous soit parvenu de l'ancienne astronomie. Il essaie de prouver, dans cet ouvrage,

que la terre T (*fig.* 274) est véritablement immobile au centre du monde : et il place les autres planètes autour d'elle dans l'ordre suivant, en commençant par celles qu'il croit les plus proches de la terre; la Lune ☾, Mercure ☿, Vénus ♀, le Soleil ☉, Mars ♂, Jupiter ♃, et Saturne ♄. Vient ensuite le ciel des étoiles fixes. Sa principale raison pour placer Mercure et Vénus au-dessous du Soleil, quoiqu'on les voie souvent, et qu'il les eût probablement vus lui-même plus éloignés de la terre que n'est le soleil; sa principale raison, dis-je, étoit sans doute que la durée de leur révolution étoit plus courte que celle de la révolution du soleil; pensant que les planètes doivent être d'autant plus près de nous, qu'elles achèvent leur tour en moins de temps, comme cela est indiqué par l'exemple de la lune, qui, tournant beaucoup plus vîte que le soleil, est évidemment la plus près de nous, puisqu'elle éclipse non-seulement le soleil, mais encore les planètes, et souvent des étoiles.

1690. *Système des Égytiens.* Dès qu'on a commencé à observer les planètes, on a dû remarquer que Mercure et Vénus sont tantôt plus près, tantôt plus loin de nous que le soleil; et de plus, que Vénus ne s'écarte jamais du soleil que d'environ 47 $\frac{1}{2}$ degrés; et Mercure que d'environ 28 $\frac{1}{2}$ degrés, et quelquefois beaucoup moins. Or il est évident que, si ces deux planètes eussent tourné autour de la terre, comme on supposoit que le faisoit le soleil, elles auroient quelquefois paru opposées au soleil, ou éloignées de lui de 180 degrés : ce qui n'arrive jamais. C'est pourquoi les *Égyptiens* ont regardé ces deux planètes comme des satellites du soleil, et ont pensé

qu'elles tournoient autour de lui, leurs orbites étant emportées avec cet astre, dans sa révolution autour de la terre. Ils ont donc supposé la terre T (*fig.* 275) immobile au centre du monde; et ils ont fait tourner autour d'elle; 1°. la Lune ☾, 2°. le Soleil ☉, autour duquel tournent Mercure ☿ et Vénus ♀, sans jamais embrasser la terre dans leur révolution : viennent ensuite Mars ♂, Jupiter ♃, et Saturne ♄; le tout étant terminé par le ciel des étoiles fixes.

1691. Aujourd'hui que nous connoissons les distances immenses qui séparent ces astres, ces deux systêmes sont insoutenables, à cause de la prodigieuse rapidité qu'ils exigent dans les mouvemens des corps célestes : car, vu ces distances, il faudroit, pour que ces astres parcourussent leur orbite dans environ 24 heures, il faudroit, dis-je, que le soleil parcourût, par seconde de temps, plus de 2500 lieues; que Saturne en parcourût plus de 24000, etc. Quelle seroit donc la rapidité du mouvement des étoiles? Il faudroit que celles qui sont vers l'équateur, parcourussent plus de 500 millions de lieues par seconde de temps; ce qui n'est pas concevable. De plus, ces deux systêmes sont encore insoutenables, à cause de la grande difficulté d'expliquer, par leur moyen, les stations (1850) et les rétrogradations (1844) des anètes.

1692. On connoît la distance d'un astre à la terre par sa parallaxe : or la parallaxe d'un astre est l'angle formé au centre de l'astre par deux lignes tirées de ce centre, dont l'une va au centre de la terre, et l'autre va au point de sa surface, où est placé l'observateur. Soit T (*fig.* 278) le centre de la terre; O le point

de sa surface où est placé l'observateur; A le lieu de l'astre; Z le zénith; Z O T la ligne verticale ou la ligne qui passe par le zénith Z, par le point O de l'observateur, et par le centre T de la terre, et qui, étant prolongée, passeroit aussi par le nadir; O H la ligne horizontale; T B la ligne qui, partant du centre T de la terre, va couper la ligne horizontale O H au centre de l'astre A; A L P l'orbite de l'astre que l'on observe; et H D Z le ciel.

1693. Si l'astre étoit situé au point P dans la ligne du zenith, il répondroit toujours au même point du ciel, soit qu'on le regardât du centre T, soit qu'on l'observât du point O : le point du ciel qui paroît à notre zénith, marque également la place de cet astre dans les deux cas : ainsi un *astre qui paroît au zénith, n'a point de parallaxe.*

1694. Mais si l'astre, au lieu d'être sur la ligne du zénitz T O P Z, est situé en A sur la ligne horizontale O H, perpendiculaire à la première, sa distance T A au centre de la terre étant la même que la distance T P, le lieu de l'astre A, vu du centre T de la terre, est sur la ligne T B; et le lieu du même astre, vu du point O, est sur la ligne O H. Mais ces deux lignes T B et O H, qui se croisent au centre de l'astre A, ne répondent pas au même point du ciel : vu du point T, l'astre A répond au point B du ciel; et vu du point O, il répond au point H, deux situations différentes. Dans la première B, qui est sa hauteur vraie, il paroît plus près du zénith que dans la seconde H, qui est sa hauteur apparente. *La parallaxe augmente donc la distance apparente de l'astre au zénith.*

1695. Si, comme nous venons de le supposer (1694), l'astre est en A, l'angle formé au centre de l'astre, par les deux lignes AT, AO, est ce qu'on appelle la *parallaxe* de cet astre. Plus cet angle OAT est petit, plus les lignes AT, AO, sont longues. Or on peut connoître la longueur de ces lignes, dont AT marque la distance de l'astre au centre T de la terre ; car elles forment, avec le rayon TO de la terre, le triangle TAO, dont le côté TO est connu. Il ne s'agit plus que d'en connoître les angles.

1696. Si la ligne OH est horizontale, comme nous le supposons, le triangle TAO est rectangle en O; mais l'angle extérieur ZOH est égal à la somme des deux intérieurs en T et en A : il est donc plus grand que l'angle en T de la quantité de l'angle TAO; et c'est cette quantité que l'on appelle *parallaxe horizontale*, si la ligne OH est horizontale, comme nous l'avons supposé.

1697. Mais si l'astre se trouve en L plus près du zénith, en sorte que l'angle ZOL, distance de l'astre au zénith, soit un angle aigu, l'angle de la parallaxe OLT deviendra plus petit. On l'appelle alors *parallaxe de hauteur*.

1698. Le sinus total est au sinus de la parallaxe horizontale, comme le sinus de la distance au zénith et au sinus de la parallaxe de hauteur, en supposant que la distance de l'astre au centre de la terre soit la même dans les deux cas; car dans le triangle rectangle TAO, on a cette proportion : TA : TO : : le sinus de l'angle droit TOA : sinus de l'angle TAO. Dans le triangle TLO, on a de même cette proportion ; TL ; TO ; : le sinus de l'angle LOT : sinus de

l'angle TLO. Dans cette dernière proportion, on peut mettre, au lieu de TL, son égale TA, puisque l'astre est supposé toujours à même distance du centre de la terre; ainsi, en nommant R le sinus de l'angle droit ou sinus total, on a ces deux proportions : TA : TO :: R : sin. TAO. TA : TO :: sin. LOT : sin. TLO. Donc R : sin. LOT :: sin. TAO : sin. TLO. Mais le sinus de l'angle obtus LOT est le même que celui de l'angle aigu LOZ, distance de l'astre au zénith; on peut donc énoncer ainsi la proportion : R : sin. LOZ :: sin. TAO : sin. TLO. Donc le rayon ou sinus total est au sinus de la distance au zénith, comme le sinus de la parallaxe horizontale est au sinus de la parallaxe de hauteur. On peut encore énoncer ainsi la proportion : R : sin. TAO :: sin. LOZ : sin. TLO. Donc, comme nous venons de le dire, le sinus total est au sinus de la parallaxe horizontale, comme le sinus de la distance au zénith est au sinus de la parallaxe de hauteur.

1699. Lorsqu'on connoît la parallaxe horizontale d'un astre, il est aisé de connoître sa distance au centre de la terre. En effet, dans le triangle rectangle TAO, on connoît le demi-diamètre TO de la terre, qui est de 1432 $\frac{1}{2}$ lieues (chacune de 25 au degré), et l'angle AOT, qui est de 90 degrés, puisqu'on suppose l'astre dans la ligne horizontale : si donc on connoît de plus l'angle TAO qui est la parallaxe horizontale, il sera aisé de résoudre le triangle TAO, et de connoître la longueur du côté TA, qui est la distance de l'astre. Ainsi ce problème si important dans l'astronomie, *trouver la distance d'un astre au centre de la terre*, se réduit à celui-ci, *trouver la parallaxe horizontale*. Et pour la trouver, les astro-

nomes ont trois méthodes différentes, dont ils font usage suivant les circonstances. Ces trois méthodes sont, celle des plus grandes latitudes, celle des parallaxes d'ascension droite, et celle des différences de déclinaison déterminées en même temps par des observateurs fort éloignés les uns des autres.

1700. C'est par ces moyens qu'on a trouvé les distances du soleil et des planètes. Mais les étoiles sont si éloignées, qu'elles n'ont pas de parallaxe sensible; de sorte qu'on ne peut pas connoître leur distance, même par approximation. On sait seulement que leur éloignement est prodigieux. Car si la parallaxe d'une étoile étoit seulement d'une seconde (et elle est sûrement de moins qu'une seconde), sa distance au soleil seroit 206264 fois celle de la terre au soleil, laquelle est de 34761680 lieues. Cette étoile seroit donc distante du soleil de 7170083165520 lieues; en un mot, de plus de 7 millions de millions de lieues.

1701. Quand les étoiles ne seroient qu'à cette distance, le diamètre du ciel

étoilé seroit.	14340166327040 lieues.
Sa circonférence. . . .	45069094170697
La valeur de chaque degré	125191929252
= de chaque minute. .	2086532137
= de chaque seconde. .	34775535

1702. Il suit de là que, si une étoile avoit 1 seconde de diamètre apparent, son diamètre réel seroit plus grand que la distance de la terre au soleil (1700). Il est vrai que le diamètre apparent des étoiles n'est pas de $\frac{1}{4}$ de seconde, puisqu'une étoile est éclipsée par la lune en moins de $\frac{1}{2}$ seconde, et que

la lune ne parcourt guère que 1 seconde de degré en 2 secondes de temps (1881). D'un autre côté, les étoiles sont sûrement plus éloignées que nous ne l'avons dit (1700) : d'où nous devons conclure qu'elles sont sûrement très-grandes, et qu'il est probable que chacune d'elles est un soleil qui éclaire d'autres planètes.

1703. Car la portion circulaire du ciel que nous cache la lune dans ses moyennes distances (1871), son diamètre apparent étant de 31′ 51″, est d'autant plus grande, que le ciel étoilé est plus éloigné. Si donc nous supposons les deux rayons G O, I O (*fig.* 278), rasant les bords de la lune N, et arrivant à l'œil de l'observateur O, il est clair que, si le ciel étoilé est *h* F *z*, la lune N nous cache une portion circulaire de ce ciel dont le diamètre est E F; mais si le ciel étoilé est **H I Z**, la portion circulaire, cachée par la lune N, a pour diamètre G I beaucoup plus grand que E F. Donc, etc. Or, en supposant l'éloignement des étoiles tel seulement que nous l'avons dit (1700), cette portion circulaire du ciel, cachée par la lune, auroit 65760537852 lieues de diamètre : mais dans cet espace pourroient être placés 2467 systèmes pareils au nôtre, lequel a plus de 1300 millions de lieues de diamètre : il s'en faut cependant de beaucoup que la lune ne nous cache un aussi grand nombre d'étoiles. Il n'est donc pas difficile de croire que chaucune d'elles est un soleil, autour duquel circulent des planètes; et qu'il y a assez de place, pour que ces planètes n'embrassent pas deux soleils dans leurs révolutions.

1704. D'après ce que nous venons d'énoncer, il est aisé de se convaincre de ce que nous avons dit ci-dessus (1691); savoir que, si les étoiles faisoient

leur révolution autour de la terre en 23^h 56′ 4″, comme elles paroissent le faire, il faudroit, vu leur distance prodigieuse, que celles qui sont vers l'équateur, parcourussent plus de 500 millions de lieues par seconde de temps. Car si l'on divise la circonférence du ciel étoilé (1701) par 86164, nombre de secondes pendant lesquelles les étoiles paroissent achever leur révolution, le quotient est 523061768 lieues.

1705. Enfin, l'éloignement des étoiles que nous avons supposé (1700), et nous l'avons sûrement supposé de beaucoup trop petit, cet éloignement, dis-je, est tel, qu'un corps partant d'une étoile pour arriver à la terre, avec une vîtesse uniforme de 200 toises par secondes, y employeroit plus de 2593614 ans. Et la lumière qui se propage avec une très-grande vîtesse, puisqu'elle n'emploie que 8 minutes à parvenir du soleil à la terre (1180), emploieroit plus de 3 ans pour arriver d'une étoile à nous : de sorte que, s'il plaisoit à l'auteur de la nature, de créer une nouvelle étoile dans le voisinage de celles que nous connoissons, nous ne pourrions l'appercevoir que plus de trois ans après sa création.

1706. Quelle doit donc être la petitesse de la terre que nous habitons, dans une étendue aussi immense? Dans le diamètre que nous avons supposé au ciel étoilé (1701), celui de la terre, qui est de 2865 lieues, y seroit contenu 5005293656 fois, ou plus de 5000 millions de fois. Si donc on vouloit représenter le système des corps célestes, dans les proportions de grosseurs et de distances; en représentant la terre par une boule de 3 lignes de diamètre, il faudroit

que la sphère étoilée, pour être dans ces proportions, eût plus de 7612 lieues de diamètre. La terre est donc dans l'univers tout au plus ce que seroit une boule de 5 lignes de diamètre, flottante dans une sphère de plus de 7612 lieues de diamètre, c'est-à-dire, plus de 18 $\frac{2}{3}$ fois grosse comme la terre. Et nous qui sommes si petits sur cette terre si petite, ne devrions-nous pas en être humiliés? Mais ce qui est bien propre à nous énorgueillir, c'est qu'avec autant de petitesse, nous ayons pu mesurer des espaces aussi immenses. Si le corps est petit, l'esprit est grand.

1707. *Système de Copernic. Copernic*, vers l'an 1520, pour obvier aux inconvéniens des systêmes imaginés avant lui, commença d'abord par admettre le mouvement diurne de la terre, ou son mouvement de rotation sur son axe : ce qui rendit inutiles ces vîtesses prodigieuses dans les mouvemens des corps célestes, dont nous avons parlé ci-dessus (1691), et par-là simplifia beaucoup le système. Ce mouvement une fois admis, il devenoit bien simple d'admettre un second mouvement de la terre dans l'écliptique. Celui-ci explique, avec la plus grande facilité, le phénomène des stations (1850) et des rétrogradations des planètes (1844), qui deviennent de pures apparences, quand on admet ce mouvement de la terre; et qui sont des bizarreries incroyables dans chaque planète, lorsqu'on suppose la terre immobile. Suivant *Copernic*, le Soleil S (*fig.* 276) est donc au centre de notre système planétaire : les planètes principales tournent autour de lui dans l'ordre suivant : Mercure ☿, Vénus ♀, la Terre ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, Saturne ♄ et Herschell ♅, à des distances du soleil, qui sont à-peu-près comme les nombres 4,

7, 10, 15, 52, 95, 191. De plus, autour de la Terre ♁ tourne la Lune ☾, dans une orbite qui est emportée avec la terre dans son mouvement annuel autour du soleil. Pareillement autour de Jupiter ♃, de Saturne ♄ et d'Herschell ♅, tournent les 4 satellites du premier, les 7 satellites du second, et les 8 satellites du troisième. Le tout est terminé par le ciel des étoiles fixes.

1708. *Systéme de Ticho-Brahé.* Quoique les phénomènes célestes s'expliquent avec une grande facilité dans le système de *Copernic*, quoique les observations et le raisonnement lui soient également favorables, il s'est trouvé de son temps un très-habile astronome qui a voulu se refuser à l'évidence de ses découvertes : *Ticho-Brahé*, trompé par une expérience mal faite (1), et peut-être encore plus par l'envie de faire un système, en composa un qui tient le milieu entre celui *Ptolémée* et celui de *Copernic*. Il supposa donc la terre en repos, et que les autres planètes, tournant autour du soleil, tournoient aussi avec lui autour de la terre en 24 heures. Ce fut vers la fin du seizième siècle qu'il proposa son systême. Il plaça la Terre ♁ (*fig.* 277) immobile au centre, et fit tourner autour d'elle la Lune ☾, le Soleil S, et les étoiles fixes; les autres planètes; savoir, Mer-

(1) Cette expérience est celle d'une pierre jetée du haut d'une tour, et qui tombe à son pied : ce que *Ticho* prétendoit ne devoir pas arriver. si la terre étoit en mouvement. *Ticho* n'avoit pas réfléchi que la terre est dans ſe cas d'un vaisseau qui est à la voile : une pierre jetée du haut de son mât, tomberoit au pied de ce mât, pourvu que se vîtesse ne fût ni accélérée ni ralentie. Mais cette expérience, qui fut si mal interprétée alors, fut la cause ou le prétexte qui empêcha *Ticho* de se rendre.

cure ☿, Vénus ♀, Mars ♂, Jupiter ♃ et Saturne ♄, tournant autour du soleil, dans des orbites qui sont emportées avec lui dans sa révolution autour de la terre. Comme le système de *Ticho-Brahé* exige la même rapidité de mouvement qu'exigent les systêmes de *Ptolémée* et des Egyptiens, il n'est pas plus recevable qu'eux.

1709. Aussi *Longomontanus*, astronome célèbre, qui vécut dix ans chez *Ticho* à Uranibourg, ne put se résoudre à admettre en entier le système de ce dernier : il admit le mouvement diurne de la terre, ou son mouvement de rotation sur son axe, pour éviter de donner à toute la machine céleste cette vîtesse inconcevable du mouvement diurne, qui, par l'intensité de sa force centrifuge (177 et 180), disperseroit bientôt les étoiles et les planètes, à moins qu'on ne supposât les cieux solides, comme le faisoient les anciens.

1710. Quoiqu'il y ait moins de difficultés à proposer à *Longomontanus* que contre *Ticho-Brahé*, il est aujourd'hui bien prouvé que le mouvement annuel de la terre est aussi évident que son mouvement diurne. Ainsi le système de *Copernic*, corrigé par *Kepler* et *Galilée*, demeure vrai dans tous ses points. Et c'est celui que nous allons suivre.

Des phénomènes célestes, selon le systême de Copernic.

1711. Il y a deux sortes d'astres. Les uns, lumineux par eux-mêmes, brillent de toutes parts, et éclairent tout ce qui les environne jusqu'à une certaine distance : tels sont le soleil et les étoiles qu'on

appelle *fixes*. Les autres, étant des corps opaques, comme la terre que nous habitons, ne deviennent lumineux que par une lumière empruntée ; en un mot, qu'en réfléchissant celle qui leur vient d'un astre lumineux par lui-même : telles sont les planètes du premier et du second ordre, et les comètes.

Des Étoiles.

1712. Il est naturel de penser que l'étude de l'astronomie a dû commencer par la connoissance des étoiles ; parce que ce sont autant de points fixes qui nous ont servi à mesurer les mouvemens des astres intermédiaires.

1713. Les étoiles sont des corps lumineux par eux-mêmes, qui ne changent point de position respectivement les uns aux autres, et qui sont placés à une distance de la terre si grande, qu'on n'a jamais pu la mesurer même par approximation (1700).

1714. Les étoiles sont appelées *fixes*, non-seulement parce qu'elles ne changent point de position respectivement les unes aux autres, mais encore parce qu'on ne leur connoît aucun mouvement réel, quoiqu'on observe en elles plusieurs mouvemens apparens, comme nous le dirons bientôt (1729). Si elles en ont quelques-uns de réels, ce ne peut être qu'un mouvement de rotation sur leur centre, que leur attribuent, en effet, la plupart des astronomes modernes.

1715. Les étoiles ne nous paroissent pas toutes de la même grandeur, soit qu'elles soient réellement de grandeurs différentes entr'elles, soit qu'elles nous paroissent telles, parce qu'elles sont placées à différentes

rentes distances de nous. Il est très-probable que ces deux causes contribuent à nous les faire paroître sous des grandeurs différentes ; c'est-à-dire, qu'elles sont placées à des distances de la terre plus grandes pour les unes que pour les autres, et qu'elles ne sont pas toutes d'une grandeur égale. Quoi qu'il en soit, les astronomes distribuent les étoiles en six classes, relativement à leur grandeur ; parce qu'on en observe à la vue simple de six grandeurs différentes, indépendamment de certaines petites taches blanchâtres, qu'on appelle *étoiles nébuleuses*, et d'une bande ou espèce de ceinture d'une couleur laiteuse, qu'on a nommée, pour cette raison, la *voie lactée.*

1716. Les étoiles nous paroissent fixées à une voûte bleue ou azurée. Cette couleur azurée ne vient point, comme on le pourroit croire, du ciel même ; car l'espace qui est entre les astres, n'offrant à nos yeux aucun corps ni éclairé ni éclairant, devroit nous paroître parfaitement noir, comme il arrive lorsque nous regardons un trou très-profond, d'où il ne vient aucune lumière. Cette couleur vient donc d'une autre cause, que voici. Ce n'est pas le ciel que nous voyons alors, mais la concavité de notre atmosphère ; car la lumière, telle qu'elle nous vient des astres, est composée de rayons de différentes couleurs (1374) : tous ces rayons arrivent des astres vers la terre, et sont ensuite réfléchis par la terre, et se plongent dans l'atmosphère, en prenant la route du ciel. Mais de tous ces rayons, les uns sont plus foibles et plus réflexibles que les autres (1411) ; et ces plus foibles sont les bleus et les violets. Comme l'atmosphère composée d'air et de vapeurs (954), qui enveloppe la terre de toutes parts (953), a une

certaine épaisseur (965), il n'y a que les rayons les plus forts, tels que les rouges, les orangés, les jaunes, et peut-être les verts, qui puissent la traverser entièrement; les bleus et les violets, trop foibles pour cela, sont donc réfléchis une seconde fois vers la terre, par l'atmosphère qu'ils n'ont pu percer, et nous font voir sa concavité sous la couleur qui leur est propre. Comme les violets sont très-foibles, les bleus font sur nos yeux une impression plus forte, et qui se fait sentir davantage: voilà pourquoi nous voyons le ciel bleu ou azuré. Cependant, lorsque le ciel est parfaitement serein, on le voit d'un bleu tirant sur le violet.

1717. Le nombre des étoiles fixes étant trop grand pour pouvoir les discerner les unes des autres, et leur donner à chacune un nom particulier, comme on l'a fait à nos planètes, on a trouvé plus convenable et d'un usage plus commode de les ranger sous diverses figures, appelées *constellations* ou *astérismes*, pour se former une idée de leurs configurations entre elles, et les reconnoître avec plus de facilité. On a donné à ces constellations les noms et les figures de divers personnages célèbres dans l'antiquité, et même de plusieurs animaux ou autres corps inanimés, comme instrumens, machines, etc. que les fables ont feint avoir été transportés de la terre au ciel.

1718. *Ptolémée*, forma 48 constellations, dont 12 sont placées autour de l'écliptique, 21 dans la partie septentrionale du ciel, et 15 dans sa partie méridionale.

1719. Les constellations qui entourent l'éclip-

tique, et qui remplissent cette zone du ciel qu'on nomme le *Zodiaque*, sont :

Le Bélier.	♈	La Balance	♎
Le Taureau.	♉	Le Scorpion.	♏
Les Gémeaux.	♊	Le Sagittaire.	♐
L'Ecrevisse ou le Cancer.	♋	Le Capricorne.	♑
Le Lion.	♌	Le Verseau.	♒
La Vierge.	♍	Les Poissons	♓

1720. Après avoir divisé l'écliptique en 12 parties égales, qui sont chacune de 30 degrés, on a assigné un signe à chacun de ces intervalles, et on lui a donné et conservé le nom de la constellation qui s'y rencontroit alors. Le premier de ces signes commence toujours à ce point de l'intersection de l'écliptique avec l'équateur, auquel répond le soleil à l'équinoxe du printemps.

1721. Les 21 constellations formées par *Ptolémée*, dans la partie septentrionale du ciel, sont :

La petite Ourse.	Le Cocher.
La grande Ourse.	Le Serpentaire.
Le Dragon.	Le Serpent.
Céphée.	La Flèche.
Le Bouvier.	L'Aigle.
La Couronne Boréale.	Le Dauphin.
Hercules.	Le petit Cheval.
La Lyre.	Pégase.
L'oiseau ou le Cygne.	Andromède.
Cassiopée.	Le Triangle.
Persée.	

1722. A ces 21 constellations de la partie septentrionale du ciel, *Ticho-Brahé* en a ajouté 2 autres; savoir, la *chevelure de Bérénice*, qui comprend les

étoiles informes qui sont près de la queue du lion : et *Antinoüs*, qui est composé de celles qui sont près de l'aigle.

1723. Les 15 constellations formées par *Ptolémée* vers la partie méridionale du ciel, sont :

La Baleine.	La Coupe.
Orion.	Le Corbeau.
Le Fleuve Eridan.	Le Centaure.
Le Lièvre.	Le Loup.
Le grand Chien.	L'Autel.
Le petit Chien.	La Couronne méridionale.
Le Navire.	Le Poisson austral.
L'Hydre	

1724. Les étoiles qui ne purent être comprises dans ces constellations, furent nommées *informes*. Dans l'année 1679, *Augustin Royer*, ayant publié des cartes célestes, forma, de ces étoiles informes, 11 nouvelles constellations, dont 5 sont dans la partie septentrionale du ciel, et 6 dans la partie méridionale.

Les 5 situées vers le nord, sont :

La Giraffe.	Le Sceptre.
Le Fleuve du Jourdain.	La Feur-de-Lys.
Le Fleuve du Tigre.	

Les 6 situées vers le midi, sont :

La Colombe.	Le grand Nuage.
La Licorne.	Le petit Nuage.
La Croix.	Le Rhomboïde.

1725. *Hévélius* forma aussi de nouvelles constellations, comme on peut le voir dans son ouvrage intitulé, *Firmamentum Sobieskianum*, publié en 1690

avec des cartes célestes. Voici les noms de ces constellations :

Le Monocéros.
Le Camélopard.
Le Sextant d'Uranie.
Les Chiens de Chasse.
Le petit Lion.
Le Lynx.
Le Renard avec l'Oie.
L'Ecu de Sobieski
Le Lézard.
Le petit Triangle.
Le Cerbère.

Mais quelques-unes de ces constellations répondent à celles de *Royer :* comme, par exemple, le camélopard, à la giraffe; les chiens de chasse, au fleuve du Jourdain ; le renard avec l'oie, au fleuve du Tigre; le lézard, au sceptre; le monocéros, à la licorne.

1726. La navigation a procuré aux astronomes modernes les moyens d'aller observer plus exactement l'hémisphère méridional, dont un grand nombre des étoiles ne paroissent jamais sur notre horizon. On a donc ajouté aux constellations déjà connues, les douze suivantes, qui ont été décrites par *Jean Bayer :*

Le Paon.
La Grue.
La Dorade.
Le Poisson volant.
L'Hydre mâle.
Le Caméléon.
Le Toucan.
Le Phénix.
La Mouche.
L'Oiseau de Paradis.
Le Triangle austral.
L'Indien.

1727. Malgré ces additions, il restoit encore dans cet hémisphère de très-grands vides et un grand nombre d'étoiles informes, dont l'abbé *de la Caille*, très-savant et très-laborieux astronome, que la mort nous a trop promptement enlevé; a formé 14 nou-

velles constellations, qu'il a consacrées aux arts, en leur donnant les figures et les noms des principaux instrumens. En voici la liste, selon l'ordre de leur ascension droite, et telle qu'il l'a donnée lui-même dans les *Mémoires de l'Académies des Sciences, année* 1752, *page* 588 :

L'Attelier du Sculpteur.	La Machine pneumatique.
Le Fourneau chymique.	L'Octan.
L'Horloge.	Le Compas.
Le Rhéticule rhomboïde.	L'Equerre et la Règle.
Le Burin du Graveur.	Le Télescope.
Le Chevalet du Peintre.	Le Microscope.
La Boussole.	La Montagne de la Table.

1728. *Jean Bayer*, Allemand, dont nous avons parlé ci-dessus (1726), a rendu un très-grand service aux astronomes, et, en général, à ceux qui ont besoin de bien connoître le ciel étoilé, en publiant des cartes célestes, dans lesquelles les étoiles de chaque constellation sont désignées chacune par une lettre de l'alphabet grec ou latin; ce qui a été reçu de tous les astronomes qui l'ont suivi. De sorte que, pour désigner telle ou telle étoile de telle ou telle constellation, au lieu de se servir d'une périphrase, il suffit de dire, l'étoile δ ou η ou α de telle constellation : et l'on sait tout de suite de quelle étoile il est question.

Nous rapportons toujours au lieu le plus éloigné les objets que nous voyons : aussi les planètes nous paroissent-elles attachées à la même voûte que les étoiles; et nous les confondons avec elles. Il y a deux manières de les reconnoître et de les distinguer les unes des autres. A la vue simple, les étoiles nous paroissent scintillantes : les planètes ne scintillent pas. Vues

par le moyen d'un télescope, les planètes nous paroissent beaucoup plus grosses qu'à la vue simple; les étoiles nous paroissent plus petites, parce que le télescope les faisant voir avec plus de netteté, et mieux terminées, fait disparoître le rayonnant qui les entoure, et qui augmente beaucoup leur diamètre apparent.

1729. On observe dans les étoiles fixes six sortes de mouvemens, dont aucun n'est réel; ils ne sont tous qu'apparens.

1730. 1°. Leur mouvement diurne, par lequel toutes les étoiles fixes paroissent faire un tour entier d'orient en occident, autour des poles de l'équateur céleste, dans l'espace de 23 heures 56 minutes 4 secondes. L'apparence de ce mouvement est causée par la rotation journalière de la terre sur son axe (1817), qui s'achève dans le même espace de temps, et qui se fait d'occident en orient.

1731. 2°. Leur mouvement annuel, par lequel toutes les étoiles fixes paroissent faire un tour entier, d'orient en occident, autour des poles de l'équateur céleste, dans l'espace de 365 jours 6 heures 9 minutes 10 secondes 30 tierces. C'est ce que l'on appelle l'*année sidérale*, qui est la durée de l'année solaire par rapport aux étoiles fixes, c'est-à-dire, le temps qui s'écoule depuis l'instant où le soleil est en conjonction avec une étoile, jusqu'à celui où il arrive de nouveau en conjonction avec la même étoile, après une révolution entière (1804). Par ce mouvement, les étoiles précèdent le soleil tous les jours d'une petite quantité: de sorte qu'une étoile qui passe aujourd'hui au méridien en même temps que le soleil, y passera demain environ 3 minutes 56 secondes plutôt; et ainsi

de suite chaque jour, jusqu'à ce que cette étoile soit arrivée de nouveau en conjonction avec le soleil, après une révolution entière. L'apparence de ce mouvement est causée par la rotation annuelle de la terre autour du soleil, qui se fait d'occident en orient (1801), et par laquelle le soleil paroît avancer dans le même sens dans l'écliptique, de 59 minutes 8 secondes et environ 20 tierces de degré par jour.

1732. 3°. Le mouvement par lequel la longitude de toutes les étoiles fixes (1947) augmente chaque année de 50 secondes et environ 20 tierces de degré; lequel mouvement paroît se faire d'occident en orient autour des poles de l'écliptique, et dont la révolution entière ne s'achève que dans l'espace d'environ 25748 ans. C'est ce changement observé dans la longitude des étoiles, qu'on appelle *précession des équinoxes* (1949). L'apparence de ce mouvement est causée par la rétrogradation réelle des points équinoxiaux, qui se meuvent d'orient en occident, et rétrogradent chaque année de 50 secondes et environ 20 tierces de degré; et en conséquence les longitudes des étoiles augmentent de la même quantité. Cette rétrogradation des points équinoxiaux vient de ce que les poles de la terre tournent, d'orient en occident, autour des poles de l'écliptique dans un cercle d'environ 47 degrés de diamètre. Les astronomes prétendent que cette rotation des poles de la terre est produite par l'attraction du soleil et de la lune sur la partie annulaire du sphéroïde de la terre, relevé vers l'équateur.

1733. 4°. Le changement général de latitude (1793) observé dans les étoiles fixes; c'est-à-dire, le changement de leur distance à l'écliptique. L'apparence

de ce mouvement est causée par la variation de l'obliquité de l'écliptique (1739.) Il paroît qu'on n'est pas encore bien instruit de la cause de cette variation, qui est fort petite; car elle est évaluée par *de la Lande*, à environ 1 minute 28 secondes par siècle, et seulement à 44 secondes par l'abbé *de la Caille*. Cette variation ne viendroit-elle point de ce que les poles de la terre, tournant autour des poles de l'écliptique (1732) ne tournent pas dans un cercle parfait? car, puisque cette rotation est produite par l'attraction du soleil et de la lune, il est très-probable que cette attraction n'est pas toujours de la même valeur. Je hasarde cette idée, et ne la donne que comme une conjecture. La nutation (1739) cause aussi une variation dans l'obliquité de l'écliptique, mais d'une manière périodique.

1734. 5°. Le mouvement par lequel les étoiles fixes semblent décrire, dans l'espace d'une année, des ellipses de 40 secondes au plus de diamètre, et qui ont pour centre le point réel où se trouve chaque étoile. L'apparence de ce mouvement est causée par le mouvement de la lumière, combiné avec le mouvement annuel de la terre; et c'est ce qu'on appelle *aberration*. Ce mouvement apparent des étoiles a été découvert, vers l'année 1728, par *Bradley*, qui en a, en même temps, trouvé la vraie cause. Si la terre étoit fixe, nous verrions les étoiles toujours dans le même point du ciel: mais, pendant le temps que le rayon de lumière arrive d'une étoile à nous, la terre avance dans son orbite; et comme nous voyons toujours les objets en ligne droite, à l'extrémité du rayon qui nous en apporte l'image, et dans la direction qu'a ce rayon en arrivant à notre œil,

il s'ensuit que l'étoile doit paroître plus avancée d'une quantité égale à celle dont l'observateur, placé à la surface de la terre, et emporté avec elle dans son mouvement annuel, est avancé lui-même pendant le temps que le rayon de lumière a employé à arriver à lui. Or, un rayon de lumière emploie environ 16 minutes à parcourir le diamètre de l'orbite de la terre (1180); et en pareil temps, la terre parcourt environ 40 secondes de degré dans son orbite. Une étoile située dans l'écliptique, doit donc paroître de 40 secondes plus avancée quand elle est en opposition avec le soleil, qu'elle ne le paroît six mois après, lorsqu'elle est en conjonction; car, dans ce dernier cas, elle est plus éloignée de la terre de tout le diamètre de l'orbite terrestre. C'est effectivement ce qui est conforme à l'observation. Et comme la terre parcourt une orbite elliptique, l'étoile doit paroître décrire une pareille courbe. (*Voyez l'Astronomie de la Lande, page* 1055 *et suivantes*).

1735. L'aberration est nulle en latitude pour les étoiles situées dans l'écliptique; elle doit donc, pour ces étoiles-là, se faire toute entière dans le plan de l'écliptique. Il suit de là que les ellipses que les étoiles semblent décrire, ont un petit axe d'autant plus grand, que l'étoile est plus voisine du pole de l'écliptique. C'est effectivement ce qui arrive; car le plus grand écart du lieu réel, soit vers le nord, soit vers le sud, est à-peu-près comme le sinus de la latitude de chaque étoile. D'où il suit que l'aberration en latitude va toujours en diminuant du pole de l'écliptique à l'écliptique; puisqu'une étoile placée dans l'écliptique, n'a point d'aberration en lati-

tude, et qu'une étoile qui seroit placée au pole de l'écliptique, auroit la plus grande aberration possible en latitude. Il en est de même de l'aberration en déclinaison : elle va en diminuant des poles du monde à l'équateur.

1736. Puisque l'aberration en latitude s'anéantit quelquefois, et que l'aberration en longitude ne s'anéantit jamais, l'aberration en longitude doit toujours être plus grande que l'aberration en latitude : donc l'aberration en longitude doit former de grand axe, et l'aberration en latitude doit former le petit axe des ellipses d'aberration. Ce grand axe est donc toujours parallèle à l'écliptique, et le petit axe lui est toujours perpendiculaire.

1737. 6°. Un mouvement de 9 secondes, observé dans les étoiles fixes, dont l'apparence est, dit-on, causée par le mouvement réel du pole de l'équateur terrestre, qui décrit, par un mouvement rétrograde, ou d'orient en occident, un cercle dont le centre est le lieu moyen du pole, et qui a 18 secondes de diamètre. Ce mouvement est ce qu'on appelle *nutation*; et l'on prétend qu'il est produit par l'attraction de la lune sur le sphéroïde de la terre. En effet, sa période répond exactement à celle des nœuds de la lune (1886); c'est-à-dire, qu'elle est de 18 ans et environ huit mois. Ce mouvement apparent dans les étoiles fixes a été découvert par *Bradley*; et *Machin*, célèbre géomètre Anglais, pour en rendre raison, a employé l'hypothèse suivante. Soit E (*fig.* 279) le pole de l'écliptique; P, le lieu moyen du pole de l'équateur, qui est éloigné du pole E de l'écliptique d'environ $23 \frac{1}{2}$ degrés; FG, le colure des solstices;

HI, le colure des équinoxes. Du point P, comme centre, soit décrit un petit cercle ABCD, dont le rayon PB soit de 9 secondes, et dont le vrai pole de l'équateur parcourt la circonférence dans le même temps que les nœuds de la lune emploient à faire leur révolution ; et cela par un mouvement rétrograde et correspondant à celui des nœuds de la lune. On suppose que le vrai pole de l'équateur soit en A sur le colure FG des solstices du côté du Cancer ♋, lorsque le nœud assendant de la lune est vis-à-vis le premier point du Belier ♈, dans l'équinoxe du printemps, sur le colure HI des équinoxes, et qu'il se meut de A en B de la même manière que le nœud ; de sorte qu'il se trouve en B, sur le colure HI des équinoxes, lorsque le nœud de la lune est au premier point du Capricorne ♑, sur le colure FG des solstices : en C, sur le colure FG des solstices, lorsque le nœud de la lune est au premier point de la Balance ♎, sur le colure HI des équinoxes : en D, sur le colure HI des équinoxes, lorsque le nœud de la lune est au premier point du Cancer ♋, sur le colure FG des solstices ; en sorte que le vrai lieu du pole de l'équateur soit toujours plus avancé de 3 signes, dans le cercle ABCD, que le lieu du nœud de la lune.

1738. Puisque le pole de l'équateur rétrograde de A en B, il doit se rapprocher des étoiles qui sont dans le colure HI des équinoxes : de sorte que la précession des équinoxes (1804) paroîtra plus grande, en occasionnant, dans les étoiles qui sont sur le colure HI des équinoxes, un changement apparent de déclinaison de 9 secondes plus grand qu'il ne devroit être, et cela dans l'espace de 4 ans et environ huit

mois, que le nœud emploiera à venir du premier point du Bélier ♈ au premier point du Capricorne ♑, et le pole de l'équateur à venir de A en B. En même temps le pole de l'équateur paroîtra s'être approché des étoiles qui sont vers le solstice d'hiver en G. Telles sont en effet les circonstances que *Bradley* a observées.

1739. Un des effets généraux de la nutation, celui même qui est le plus facile à appercevoir, est le changement de l'obliquité de l'écliptique (1755): cet angle augmente de 9 secondes, quand le pole de l'équateur est en A, et que le nœud ascendant de la lune est dans le premier point du Bélier ♈; et il diminue de 9 secondes, lorsque le pole de l'équateur est en C, et que le nœud de la lune est au premier point de la Balance ♎: de sorte que, dans ce dernier cas, l'angle que fait l'écliptique avec l'équateur, doit être moindre de 18 secondes que dans le premier. Car la distance E C, qui se trouve, dans ce dernier cas, entre le pole E de l'écliptique et le pole C de l'équateur, est moindre que la distance E A, qui se trouve entre ces deux poles dans le premier cas, de la quantité A C, qui est la nutation totale de 18 secondes.

Du Soleil.

1740. Puisque nous avons regardé les étoiles comme autant de soleils (1702), nous devons regarder notre soleil comme une étoile, et même comme une des plus petites, mais dont le diamètre nous paroît considérablement plus grand que celui des autres étoiles, parce qu'il est incomparablement plus proche de nous.

1741. On pense assez universellement aujourd'hui que le soleil est composé de la matière de la chaleur et de la lumière, que les physiciens regardent comme la même, mais différemment modifiée (1175). En effet, cette opinion a beaucoup de vraisemblance, puisque le soleil échauffe et éclaire, en quoi consistent les deux principales propriétés de la matière de la chaleur et de la lumière.

1742. De quelque nature que soit le soleil, il est constant que, de tous les corps célestes, c'est celui qui nous intéresse le plus. Il est la principale source de la chaleur qui anime notre monde, et de la lumière qui l'éclaire : il forme les jours, les saisons et les années; il anime tout ce qui végète sur la terre, et sa chaleur est nécessaire à notre conservation. Son action s'étend autour de lui à des distances considérables; de sorte qu'il est le centre d'une sphère d'activité, qu'on peut considérer comme formée par un nombre indéfini de rayons divergens, partant de tous les points de sa surface. Ainsi, soit que le soleil éclaire, soit qu'il échauffe, son action sur les corps qui la reçoivent est d'autant plus grande, qu'ils sont plus près de lui : et la proportion dans laquelle cette action se fait sentir sur les corps, est en raison inverse du quarré de la distance (1193). C'est pourquoi l'on pense que notre eau seroit toujours bouillante dans *Mercure*, et toujours gelée dans *Saturne*; à plus forte raison dans *Herschell.*

1743. Le soleil est à-peu-près sphérique; cependant il ne nous paroît que comme un disque circulaire. Cela vient de ce que tous les points de sa surface nous paroissant également lumineux, rien ne nous fait sentir que les parties du milieu sont plus

avancées vers nous que celles des bords (1211), quoiqu'elles soient réellement plus proches de nous de plus de 160000 lieues (1751). Cette uniformité de lumière fait que les lignes semi-circulaires, qui forment sa convexité antérieure, se tracent au fond de nos yeux comme des lignes droites. On peut dire la même chose de la pleine lune et des autres planètes qu'on regarde avec un télescope, qui nous paroissent plates, quoiqu'elles soient réellement sphériques, ou à-peu-près.

1744. On a remarqué des taches sur le disque du soleil: elles furent apperçues, en 1611, par le P. *Scheiner*, jésuite, ou par *Galilée*, qui lui en disputa la découverte. On observa ensuite que ces taches avoient un mouvement, qui, vu de la terre, se fait de l'orient vers l'occident; mais si on le considère vu du centre du soleil, il se fait de l'occident vers l'orient, de même que presque tous les mouvemens propres des corps célestes. Ces taches, après avoir cheminé du bord oriental du soleil à son bord occidental, disparoissent pour nous pendant un certain intervalle de temps, après lequel elles reparoissent de nouveau vers le bord oriental, pour recommencer la même route. Comme on a remarqué, 1°. que ces taches restent cachées pour nous pendant un temps à très-peu près égal à la durée de leur apparition: 2°. que la même tache paroît toujours plus étroite vers les bords de l'astre, que lorsqu'elle se trouve plus avancée vers le milieu; on en a conclu, et avec raison, qu'elles sont plates et adhérentes à la surface même du soleil.

1745. Ces observations et ces raisonnemens nous ont appris que le soleil, que l'on croyoit immobile

au centre de notre système planétaire, tourne sur son axe, et que cette révolution s'achève, relativement à un point fixe dans le ciel, dans l'espace de 25 jours 14 heures 8 minutes; de sorte que, vu l'étendue de sa circonférence (1821), chaque point de son équateur parcourt environ 2043 $\frac{9}{10}$ mètres (1048 $\frac{2}{3}$ toises) par seconde de temps.

1746. On a encore remarqué que la route de ces taches, sur le disque du soleil, n'est pas toujours une ligne droite; ce qui devroit être, si l'équateur du soleil étoit dans le plan de l'écliptique, puisque les centres du soleil et de la terre ne sortent jamais de ce plan (1793). Mais la ligne que les taches paroissent décrire, est souvent une ellipse, dont la convexité regarde tantôt le nord, tantôt le midi. D'où l'on a conclu, avec raison, que l'équateur du soleil est incliné à l'écliptique; et cette inclinaison a été trouvée de 7 degrés 30 minutes.

1747. L'équateur solaire est aussi incliné à l'équateur terrestre de 27 degrés 10 minutes; et il le coupe à 15 degrés 26 minutes du point équinoxial.

1748. Le nœud de l'équateur du soleil, c'est-à-dire, le point où il coupe l'écliptique, est à 2 signes 10 degrés, c'est-à-dire, au 10e degré des gémeaux.

1749. Nous verrons bientôt (1760) que les planètes qui tournent autour du soleil (1707), ne se meuvent point dans des cercles, mais dans des ellipses, dont le soleil occupe un des foyers; d'où il suit que le soleil se trouve, tantôt plus, tantôt moins éloigné de ces planètes: son point le plus éloigné de la terre s'appelle son *Apogée*; et son point qui en est le plus rapproché, se nomme son *Périgée*: et il y a deux points intermédiaires

intermédiaires qui se nomment ses *moyennes distances.*

1750. La moyenne distance du soleil à la terre étant supposée de 100000 parties, et l'excentricité (1795) de l'orbite de la terre, c'est-à-dire, la moitié de la différence de sa plus grande distance au soleil à sa plus petite, étant de 1685 de ces parties (1796), lorsque le soleil est dans son apogée (1749), il est éloigné de la terre de 101685 de ces parties : et lorsqu'il est dans son périgée, il n'en est éloigné que de 98315 de ces mêmes parties. De sorte que sa plus grande distance est à sa plus petite, à-peu-près comme 30 est à 29. On ne connoît pas, avec une parfaite exactitude, la vraie distance du soleil à la terre. Les astronomes, d'après les observations des passages de Vénus sur le disque du soleil, arrivés le 6 mai 1761 et le 3 juin 1769, ont conclu la parallaxe (1692) du soleil de 8 $\frac{1}{2}$ secondes; ce qui donne la moyenne distance du soleil à la terre de 34761680 lieues, de 25 au degré chacune. Cela étant, la distance du soleil à la terre, dans l'apogée, est de 35347414 lieues; et dans le périgée, elle n'est que de 34175946 lieues.

1751. Nous voyons les corps d'autant plus grands qu'ils sont plus près de nous (1208) : cela étant, le diamètre apparent du soleil doit varier suivant sa plus ou moins grande distance à la terre. En effet, vu à sa moyenne distance de la terre, son diamètre apparent est de 31′ 57″ 30‴ : lorsque le soleil est dans son apogée, il est de 31′ 25″; et lorsqu'il est dans son périgée, il est de 32′ 30″. Et il est à celui de la terre (1786) presque comme 113 est à 1. Son diamètre réel est donc d'environ 323155 lieues de 25 au degré chacune.

1752. Les grosseurs des corps comparées entre elles, sont comme les cubes de leurs diamètres. La grosseur du soleil, comparée à celle de la terre, est donc à-peu-près comme 1400000 à 1 ; ou, pour approcher plus du vrai, elle est, à très-peu de chose près, égale à 1435023 fois la grosseur de la terre

1753. On a calculé les densités des corps célestes, d'après la valeur ou l'intensité de leur action les uns sur les autres ; et l'on a conclu de là que la densité du soleil est à celle de la terre, comme 25463 est à 100000, ou à-peu-près, comme 1 est à 4.

1754. En multipliant la grosseur du soleil par sa densité, on a la valeur de sa masse ; et l'on voit qu'elle est à celle de la terre comme 365400 est à 1, à très-peu de chose près.

1755. Le lieu de l'apogée du soleil est à 3 signes 8 degrés et environ 50 minutes ; c'est-à-dire, à 8 degrés et environ 50 minutes du Cancer, point du ciel auquel il se trouve vers la fin de juin ; et le lieu de son périgée est au point du ciel opposé à celui-ci de 180 degrés, c'est-à-dire, à 9 signes 8 degrés et environ 50 minutes, ou à 8 degrés et environ 50 minutes du Capricorne, point du ciel auquel il se trouve vers la fin de décembre. De sorte qu'il est plus près de la terre en hiver qu'en été. Le mouvement annuel de l'apogée et du périgée du soleil est à-peu-près égal à celui qui cause la précession des équinoxes (1732), c'est-à-dire, au mouvement des poles de la terre autour des poles de l'écliptique ; et il est probablement produit par la même cause.

1756. Le soleil nous paroît faire tous les jours une révolution entière, d'orient en occident, autour

de la terre. Ce mouvement journalier, ainsi que celui des étoiles fixes (1730), et même des planètes (1903), n'a rien de réel; cette apparence est causée par la rotation journalière de la terre sur son axe, d'occident en orient; laquelle révolution moyenne de la terre (1964) s'achève relativement au soleil, dans l'espace de 24 heures de temps moyen (1965).

1757. Outre sa révolution journalière apparente autour de la terre, le soleil nous paroît encore avoir un autre mouvement, qui n'est pas plus réel: c'est celui par lequel il nous paroît parcourir l'écliptique. Cette apparence est causée par la révolution annuelle de la terre autour du soleil, qui s'achève dans l'intervalle de 365 jours 5 heures 48 minutes 45 secondes 30 tierces, pendant lequel temps le soleil nous paroît parcourir les 12 signes du zodiaque. C'est aussi cette durée que l'on appelle l'*année solaire*, un peu plus courte que l'année sidérale (1731). Le moyen mouvement (1808) apparent du soleil dans l'écliptique est, pour chaque jour, de 59 minutes 8 secondes et environ 20 tierces de degré.

Des Planètes.

1758. Les planètes sont des corps opaques, à-peu-près sphériques, et à-peu-près semblables à la terre. Elles ne sont point lumineuses par elles-mêmes, elles ne deviennent visibles que par la lumière qu'elles reçoivent du soleil, et qu'elles réfléchissent vers nous.

1759. Toutes les planètes tournent par un mouvement qui leur est propre, d'occident en orient, ou autour du soleil, ou autour d'une autre planète, en nous paroissant parcourir le zodiaque, de l'étendue duquel elles ne sortent jamais, parce que le plan de

l'orbite que chacune décrit, est peu éloigné du plan de l'écliptique. Toutes ces planètes tournent ainsi en vertu de deux forces : l'une, leur gravité (196 et 197), et l'autre, l'impulsion dans la tangente à la courbe qu'elles décrivent (177), laquelle impulsion elles ont reçue dès le commencement de leur mouvement.

1760. *Kepler* a découvert trois fameuses loix du mouvement des planètes. La première de ces loix est que *les planètes décrivent des ellipses, et non pas des cercles.* Cette loi se trouve dans le fameux livre de *Kepler : Nova physica cœlestis, tradita commentariis de Stellâ Martis*, 1609. Il calcula, par les observations de *Ticho*, les distances de Mars au soleil, en différens point de son orbite, et il fit voir qu'elles ne pouvoient s'ajuster sur la circonférence d'un cercle, dont le diamètre étoit déterminé ; mais que la courbe rentroit sur les côtés en forme d'ovale. *Newton* a fait voir ensuite, par la théorie de l'attraction universelle, en raison inverse du quarré de la distance, que cette courbe devoit être rigoureusement une ellipse, dont l'astre central occupe un des foyers. Soit A E P G A (*fig.* 280) une ellipse ; la planète parcourt cette courbe ; et l'astre central est placé en S, l'un de ses foyers.

1761. La seconde loi de *Kepler* est que *les quarrés des temps périodiques des planètes sont entr'eux, comme les cubes de leurs distances à leur astre central :* c'est-à-dire, que si l'on compare le quarré du temps qu'une planète primitive, par exemple, emploie à parcourir son orbite, au quarré du temps qu'une autre planète primitive emploie à parcourir la sienne, l'on trouvera entre ces deux quarrés le même rapport

qu'entre les cubes des moyennes distances de ces planètes au soleil. De sorte que si l'on connoît les temps périodiques de deux planètes, on sait, par-là, quelles sont leurs distances respectives au soleil ; et si l'on connoît la distance vraie de l'une, on connoîtra aussi la vraie distance de l'autre, ainsi que les distances de toutes celles dont on connoîtra les temps périodiques. Comparons les temps périodiques de la terre et de Jupiter, et supposons une des distances connue : le temps périodique de la terre est 365 jours, dont le quarré est 133225 : le temps périodique de Jupiter est 4330 jours, dont le quarré est 18748900 : supposons la moyenne distance de la terre au soleil, 10, dont le cube est 1000 : on aura cette proportion : 133225:18748900 :: 1000 ; *x*. *x* se trouvera être 140731. Il est aisé de voir que, de même que le quarré du temps périodique de Jupiter est plus de 140 fois aussi grand que le quarré du temps périodique de la terre, de même le cube de la moyenne distance de Jupiter est plus de 140 fois aussi grand que le cube de la moyenne distance de la terre. Et la moyenne distance de la terre au soleil étant 10, celle de Jupiter au même astre est un peu plus de 52. Cette loi fut découverte par *Kepler* le 15 mai 1618, comme il le dit lui-même (*Harmonices, sect. V, pag.* 189). Il cherchoit, comme au hasard, des rapports entre les distances des planètes et les durées de leurs révolutions; il comparoit leurs racines et leurs puissances : il vint heureusement à comparer les quarrés des temps avec les cubes des distances; il trouva que le rapport étoit constant, et fut si enchanté de cette découverte, qu'il avoit peine à se fier à ses calculs. Qu'auroit-il donc éprouvé, s'il eût pu prévoir que cette loi seroit la

source de la découverte, plus générale et plus importante encore, de l'attraction universelle faite par *Newton* 50 ans après ?

1762. La troisième loi de *Kepler* est que *les aires sont proportionnelles aux temps ;* c'est-à-dire, que les temps qu'une planète emploie à parcourir les différens arcs AD, DE ((*fig.* 280) de son orbite, sont entr'eux comme les aires triangulaires ASD, DSE, terminées par ces arcs et par deux lignes droites AS, DS, et DS, ES, tirées des extrémités de ces arcs AD, DE à l'astre central S : et pareillement ces aires sont entr'elles, comme les temps employés à parcourir les arcs qui les terminent. D'où l'on voit que ces temps sont d'autant plus courts, que la planète est plus proche de son astre central, car alors l'aire triangulaire est plus petite. Cette loi étoit une suite de la détermination des excentricités et des vîtesses des planètes; et *Kepler* ne la reconnut que par les observations : il conjectura qu'elle devoit être générale, et l'application qu'il en fit aux observations de *Ticho*, lui prouva qu'elle l'étoit en effet. *Newton* a démontré ensuite par les lois du mouvement, qu'elle étoit une suite nécessaire du mouvement de projection combiné avec la force centripète qui retient les planètes dans leurs orbites (196 et 197).

1763. On divise les planètes en deux classes : celles de la première classe se nomment *Planètes primitives*, ou *principales*, ou *du premier ordre.* Elles sont au nombre de neuf; savoir, *Mercure* ☿, *Vénus* ♀, *la Terre* ♁, *Mars* ♂, *Pallas*, *Cérès* (1), *Ju-*

(1) Cette planète a été découverte par *Piazzi*, à Palerme, le premier janvier 1801 : on n'a su qu'au mois de mars suivant, que c'es une planète, Piazzi la nomma *Cérès Ferdinandea.*

piter ♃, *Saturne* ♄ et *Herschell* ♅. Toutes celles-ci tournent autour du Soleil ☉.

1764. Celles de la seconde classe s'appellent *Planètes secondaires* ou *subalternes*, ou *du second ordre*; autrement *Satellites* ou *Lunes*. On en compte vingt; savoir, une qui tourne autour de la terre, et qui porte spécialement le nom de *Lune*; quatre qui tournent autour de Jupiter; sept qui tournent autour de Saturne (2622); et huit nouvellement découvertes par *Herschell*, et qui tournent autour de sa planète. Ces dix-neuf dernières portent principalement le nom de *Satellites*, et ne se distinguent entr'elles que par leur plus ou moins grand degré d'éloignement à leur planète principale; de sorte que celle qui en est la plus proche, s'appelle *premier satellite*; la suivante, *second satellite*, et ainsi des autres, suivant leur degré d'éloignement.

1765. Outre les planètes secondaires, dont nous venons de parler (1764), Saturne est encore entouré d'un anneau fort mince, presque plan, qui lui est concentrique, et qui est également éloigné de sa surface dans tous ses points. Les astronomes le regardent comme un amas de corps opaques ou de petites lunes.

1766. Cet anneau avoit été apperçu par *Galilée*, dès l'année 1610; mais sa position, par rapport à la terre, empêcha *Galilée* de reconnoître sa vraie figure: il le prit pour deux corps qui accompagnoient Saturne, dont l'un étoit placé vers l'orient et l'autre vers l'occident. Peu de temps après, il crut appercevoir que ces deux corps étoient sujets à quelques variations: il remarqua qu'ils avoient diminué de

grandeur apparente, et reconnut enfin, vers la fin de l'année 1612, qu'ils avoient entièrement cessé de paroître; en sorte qu'il n'apperçut que le globe de Saturne seul et parfaitement rond.

1767. Divers astronomes, après *Galilée*, ont aussi observé cet anneau; mais ils n'ont pas été plus heureux que lui à découvrir sa vraie figure. C'est à *Huyghens* que nous sommes redevables de cette découverte. Il prouva que ce qui formoit les apparences qu'on avoit remarquées jusqu'alors, étoit un anneau circulaire et plat, détaché de toutes parts du globe de Saturne, qui, étant regardé obliquement de la terre, devoit, suivant les règles de l'optique, paroître sous la forme d'une ellipse plus ou moins ouverte, suivant que notre œil est plus ou moins élevé sur son plan. C'est effectivement la figure sous laquelle paroît l'anneau de Saturne, suivant ses différentes positions, par rapport à nous. Ce sont ces différentes apparences qui ont fait donner à Saturne tant de noms différens.

1768. Lorsque l'anneau est placé le moins obliquement, par rapport à nous, que l'ellipse sous la forme de laquelle il paroît, est la plus ouverte, alors le petit axe de cette ellipse égale à-peu-près la moitié de son grand axe : l'anneau surpasse un peu les bords de Saturne, dont le globe est inscrit dans l'ellipse; et Saturne est alors nommé, *Saturnus elliptico-ansatus plenus*.

1769. Lorsque, l'anneau devenant plus oblique, le petit axe de l'ellipse qu'il forme est un peu diminué, Saturne est nommé, *Saturnus elliptico-ansatus diminutus*.

1770. Lorsque ce petit axe est diminué de moitié, ou environ, de façon que le globe de Saturne surpasse l'ellipse de part et d'autre, on le nomme, *Saturnus spherico-ansatus.*

1771. Lorsque le petit axe est diminué au point qu'on cesse d'appercevoir l'espace vide qui se trouve entre le globe de Saturne et son anneau, on le nomme *Saturnus spherico-cuspidatus*, ou *Saturnus blanchiatus.*

1772. Enfin, lorsque l'anneau disparoît entièrement, Saturne paroît rond, et est appelé *Saturnus rotundus.*

1773. Il y a trois causes qui peuvent occasionner cette phase ronde. Lorsque Saturne est vers le 20e degré du signe de la Vierge ou des Poissons, le plan de son anneau se trouve dirigé vers le centre du soleil, et ne reçoit de la lumière que sur son épaisseur, qui n'est pas assez considérable pour nous renvoyer la quantité de lumière nécessaire pour nous le faire appercevoir de si loin : c'est pourquoi Saturne paroît alors rond et sans anneau. Cet anneau ne disparoît, faute de lumière, que pendant environ un mois ; savoir, 15 jours avant et 15 jours après le passage de Saturne par le point du ciel, qui est à 5 signes 20 degrés, ou à 11 signes 20 degrés de longitude.

1774. L'anneau de Saturne disparoît encore lorsque le plan de cet anneau étant dirigé vers la terre, se trouve placé de façon que son prolongement passeroit par notre œil. Nous ne voyons alors que son épaisseur, qui est trop petite, ou qui réfléchit trop peu de lumière pour que nous puissions l'appercevoir. *Lalande*, dans son *Astronomie, tome II*,

page 1258, pense que cette cause ne doit faire disparoître l'anneau que sept à huit jours avant que la terre soit dans le plan de l'anneau.

1775. *Maraldi* a fait voir, dans un excellent mémoire à ce sujet, qu'il y a une troisième cause qui peut faire disparoître pour nous l'anneau de Saturne. C'est lorsqu'il est placé de façon que son plan prolongé passeroit entre le soleil et la terre; car alors sa surface éclairée n'est point tournée vers nous, et nous voyons Saturne sans anneau. (*Voyez Mémoires de l'Académie des Sciences, année* 1715, *page* 15).

1776. Le diamètre extérieur de l'anneau de Saturne est au diamètre du globe de Saturne, à-peu-près comme 7 est à 3; ce qui vaut environ 67512 lieues.

1777. La largeur de cet anneau est égale à celle de l'espace contenu entre sa circonférence intérieure et le globe de Saturne, ou tant soit peu plus petite, suivant *Huyghens :* de sorte qu'elle égale environ $\frac{1}{3}$ du diamètre de Saturne. Et la partie de l'anneau qui est la plus proche du globe de Saturne, est plus lumineuse que les parties éloignées.

1778. Le plan de l'anneau est incliné d'environ 30 degrés à l'orbite de Saturne; et de 31 degrés 20 minutes à l'écliptique, suivant *Maraldi.* C'est cette grande inclinaison qui cause toutes les différentes apparences dont nous venons de parler.

1779. Le lieu du nœud de l'anneau de Saturne est le même que le lieu du nœud des quatre premiers satellites, qui a été déterminé par *Cassini*, à 5 signes 22 degrés, c'est-à-dire, à 22 degrés du signe de la Vierge.

Des Planètes primitives.

1780. Les planètes primitives sont celles qui tournent autour du soleil (1763) On les divise en *supérieures* et en *inférieures :* cette division est relative à leur distance au soleil, comparée à la distance de la terre au même astre.

1781. Les planètes supérieures sont, Mars, Pallas, Cérès, Jupiter, Saturne et Herschell, qui sont plus éloignées du soleil que ne l'est la terre, et qui, en conséquence, embrassent cette dernière dans leur révolution : c'est pourquoi nous les voyons, tantôt du côté du soleil, tantôt du côté opposé.

1782. Les planètes inférieures sont, Mercure et Vénus, qui sont plus proche du soleil que ne l'est la terre, et qui, par conséquent, n'embrassent jamais cette dernière dans leur révolution. C'est pourquoi nous les voyons toujours du côté du soleil, et jamais du côté opposé; parce que nous ne nous trouvons jamais entr'elles et le soleil.

1783. Nous avons dit ci-dessus (1751) que le diamètre apparent du soleil, vu à sa moyenne distance de la terre, est de 31′ 57″ 30‴ : les diamètres apparens des planètes, vus de la terre, sont relatifs à leur grandeur réelle et à la distance de laquelle nous les voyons ; mais pour comparer ces diamètres entr'eux, ainsi qu'au diamètre du soleil, on les suppose tous vus à une distance égale à la moyenne distance de la terre au soleil (1750), comme l'exprime la table suivante.

1784. *Table des diamètres apparens du Soleil et des Planètes primitives, vus à une distance égale à la moyenne distance de la terre au Soleil; et de la comparaison de ces diamètres à celui du Soleil.*

CARACTÈRE ET NOMS DES PLANÈTES.	DIAMÈTRES APPARENS Min.	Sec.	Tierc.	DIAMÈTRES DES PLANÈTES. COMPARÉS A CELUI DU SOLEIL.
☉ Le Soleil. . .	31	57	30	 1
☿ Mercure . . .	. . .	7	. . .	. . . . . $\frac{1}{274}$
♀ Vénus. . . .	. . .	16	$31\frac{1}{5}$	. . . . . $\frac{1}{116}$
♁ La Terre. . .	. . .	17	. . .	. . . . . $\frac{1}{113}$
♂ Mars.	. . .	11	24	. . . . . $\frac{1}{168}$
Pallas	. . .	. . .	. . .	. . . . .
Cérès.	. . .	3	24	. . . . . $\frac{1}{564}$
♃ Jupiter. . . .	3	13	42	. . . . . $\frac{1}{10}$
♄ Saturne. . . .	2	51	42	. . . . . $\frac{1}{11}$
Son Anneau.	6	40	36	. . . . . $\frac{1}{5}$
♅ Herschell.	1	16	30	. . . . . $\frac{1}{28}$

1785. Une fois que l'on connoît les diamètres apparens des planètes, vus tous à la même distance, il est aisé de déterminer la grandeur de chaque planète en diamètres terrestres. Et comme l'on connoît de plus le diamètre réel de la terre en lieues, cela nous apprend aussi de combien de lieues est composé le diamètre réel de chaque planète. C'est ce qu'on peut voir dans la table suivante, qui donne ces grandeurs, à peu de chose près, et dans laquelle le diamètre terrestre est pris pour l'unité.

1786. ***Table des grandeurs des diamètres du Soleil et des Planètes primitives en diamètres terrestres, et en lieues de vingt-cinq au degré.***

NOMS DES PLANÈTES.	GRANDEURS	
	EN DIAMÈTRES TERRESTRES.	EN LIEUES.
Le Soleil. . . .	112 $\frac{27}{34}$	 323155
Mercure.	0 $\frac{7}{17}$	 1180
Vénus.	0 $\frac{33}{34}$	 2784
La Terre	1	 2865
Mars	0 $\frac{2}{3}$	 1921
Pallas.	. . . .	. . . . . .
Cérès	0 $\frac{1}{5}$	 573
Jupiter	11 $\frac{2}{5}$	 52644
Saturne.	10 $\frac{1}{10}$	. . . . . . 28936 $\frac{1}{2}$
Son Anneau . .	23 $\frac{1}{2}$	 67512
Herschell. . . .	4 $\frac{1}{2}$	 12892

1787. Les grosseurs des planètes comparées entre elles, sont comme les cubes de leurs diamètres (1752). Nous venons de voir (1786) les grandeurs de leurs diamètres comparés à celui de la terre : en en faisant les cubes, nous aurons leurs grosseurs réelles comparées à celle de la terre, que nous regarderons comme l'unité.

1788. *Table des grosseurs du Soleil et des Planètes primitives, comparées à celles de la Terre.*

NOMS. DES PLANÈTES.	GROSSEURS.	
	A-PEU-PRÈS.	EN DÉCIMALES.
Le Soleil. . . .	1435023	1435022,666239
Mercure.	0 $\frac{3}{43}$	0,078372
Vénus.	0 $\frac{10}{11}$	0,917559
La Terre	1	1,000000
Mars	0 $\frac{3}{10}$	0,301445
Cerès.	0 $\frac{1}{125}$	0,008000
Jupiter	1479 $\frac{3}{13}$	1479,231780
Saturne.	1030 $\frac{4}{23}$	1030,173430
Herschell. . . .	91 $\frac{1}{4}$	91,250000

1789. Les densités des planètes ont été calculées, de même que celle du soleil (1755), par la valeur de leur action les unes sur les autres. Elles ont été trouvées telles qu'elles sont énoncées dans la table suivante; et où on les compare à la densité de la terre, prise pour l'unité.

1790. *Table des densités du Soleil et des Planètes primitives, comparées à celle de la Terre.*

NOMS DES PLANÈTES.	DENSITÉS	
	A-PEU-PRÈS.	EN DÉCIMALES.
Le Soleil	$0 \frac{1}{4}$	 0,254630
Mercure.	$2 \frac{2}{53}$	 2,037700
Vénus.	$1 \frac{11}{40}$	 1,275000
La Terre	1	 1,000000
Mars	$0 \frac{3}{4}$	 0,729170
Cérès.		. . . . . inconnue.
Jupiter	$0 \frac{2}{9}$	 0,229840
Saturne.	$0 \frac{2}{19}$	 0,104500
Herschell. . . .	$0 \frac{2}{5}$	 0,220401

1791. Puisqu'on connoît les grosseurs des planètes (1788), ainsi que leurs densités (1790), relativement à la terre, il a été aisé, en multipliant ces deux quantités l'une par l'autre, de connoître aussi leurs masses, relativement à celle de la terre, que l'on prend pour l'unité.

1792. *Table des masses du Soleil et des Planètes primitives, comparées à celle de la Terre.*

NOMS DES PLANÈTES.	MASSES	
	A-PEU-PRÈS.	EN DÉCIMALES.
Le Soleil	365400	365399,821504
Mercure.	$0 \frac{15}{94}$	0,159699
Vénus.	$1 \frac{1}{6}$	1,169888
La Terre	1	1,000000
Mars	$0 \frac{2}{9}$	0,219805
Cérès		inconnue.
Jupiter	340	339,986632
Saturne.	108	107,653123
Herschell. . . .	$17 \frac{3}{4}$	17,740612

1793. Le mouvement propre de chacune des planètes primitives se fait d'occident en orient, sur une orbite elliptique AEPGA (*fig.* 280), à l'un des foyers de laquelle se trouve le soleil (1960). Toutes ces orbites terminent des plans qui passent par le centre du soleil; mais il ne s'en trouve pas deux dans le même plan : celle de la terre est dans le plan même de l'écliptique; toutes les autres y sont différemment inclinées; mais il n'y en a aucune qui s'écarte de 8 degrés de l'écliptique : de sorte qu'elles sont toutes contenues dans le Zodiaque. C'est cet écartement de l'écliptique qui s'appelle *latitude* des planètes, et, en général, *latitude* des astres.

1794. *Table de l'inclinaison des orbites des Planètes primitives au plan de l'écliptique.*

NOMS DES PLANÈTES.	INCLINAISON.		
	Degrés.	Minut.	Second.
Mercure	6	55	30
Vénus	3	23	10
La Terre	o	o	o
Mars.	1	50	47
Cérès.	. . .	. . .	incon.
Jupiter.	1	19	38
Saturne.	2	30	40
Herschell.	o	46	12

1795. Ces orbites sont plus ou moins grandes. En conséquence, les distances des planètes primitives au soleil sont très-différentes les unes des autres. Nous avons vu ci-dessus (1761) comment on a trouvé ces distances. Et comme les planètes décrivent des orbites elliptiques à l'un des foyers desquelles se trouve le soleil (1760), la distance de chacune à cet astre n'est pas constante (1749); le point A le plus éloigné du soleil s'appelle *Aphélie;* le point P le plus rapproché, se nomme *Périhélie;* et il y a deux points intermédiaires E, G, qui se nomment *moyennes distances.* On appelle *excentricité,* la moitié C S de la différence de la plus grande à la plus petite distance; et cette moitié de différence, retranchée de la plus grande distance, ou ajoutée à la plus petite, forme la moyenne distance E S. En supposant que la moyenne

distance de la terre au soleil contienne 1000000 parties, on trouvera, dans les tables suivantes, les distances proportionnelles des autres planètes au soleil. Et connoissant l'excentricité de l'orbe de chacune des planètes, on connoît leurs distances au soleil dans l'aphélie A et dans le périhélie P.

1796. *Table des distances moyennes des Planètes primitives au Soleil, en parties dont la moyenne distance de la Terre au Soleil en contient* 1000000, *et de leurs excentricités.*

NOMS DES PLANÈTES.	DISTANCES MOYENNES.	EXCENTRICITÈS.
Mercure	387100	79700
Vénus	723330	5050
La Terre.	1000000	16850
Mars.	1523690	141700
Cérès.	2500000	inconnue.
Jupiter.	5200980	250780
Saturne.	9540070	543810
Herschell.	19081800	47587

Table des distances en aphélie et en périhélie des Planètes primitives au Soleil, en parties dont la moyenne distance de la terre au Soleil en contient 1000000.

NOMS DES PLANÈTES.	DISTANCES EN APHÉLIE.	DISTANCES EN PÉRIHÉLIE.
Mercure	466800	307400
Vénus	728380	718280
La Terre.	1016850	983150
Mars.	1665390	1381990
Cérès.	inconnue.	inconnue.
Jupiter.	5451760	4950200
Saturne.	10083880	8996260
Herschell.	19129387	19034213

1797. Si nous donnons maintenant à ces 1000000 parties, que contient la moyenne distance de la terre au soleil, la valeur de 34761680 lieues, que nous avons dit ci-dessus (1750) être la moyenne distance réelle de la terre au soleil, il est clair que chacune de ces parties vaudra 34,761680 lieues : multipliant donc le nombre de ces parties, qui exprimes les différentes distances des planètes au soleil, par 34 lieues plus 761680 millionièmes de lieues, nous aurons ces distances exprimées en lieues, comme on peut le voir dans les tables suivantes.

1798. *Table des distances moyennes des Planètes primitives au Soleil, en lieues de vingt-cinq au degré.*

NOMS DES PLANÈTES.	DISTANCES MOYENNES.
Mercure.	13456246
Vénus.	25144166
La Terre.	34761680
Mars.	52966024
Cérès	86904200
Jupiter.	180794802
Saturne.	331628860
Herschell	663315425

Table des distances en aphélie et en périhélie des Planètes primitives au Soleil, en lieues de vingt-cinq au degré.

NOMS DES PLANÈTES.	DISTANCES EN APHÉLIE.	DISTANCES EN PÉRIHÉLIE.
Mercure	16226752	10685740
Vénus	25319712	24968620
La Terre.	35347414	34175946
Mars.	57891754	48040294
Cérès.	. . . . . .	. . . . . .
Jupiter.	189512336	172077268
Saturne	350532609	312725111
Herschell.	664969629	661661221

1799. On voit que les excentricités des orbites des planètes (1796) sont très-différentes les unes des autres; d'où résultent des orbites elliptiques plus ou moins approchantes du cercle. L'excentricité de l'orbe de Mercure est la plus grande de toutes; et son orbe est très-sensiblement elliptique; au contraire, celle de l'orbe d'Herchell est de toutes la plus petite; aussi son orbite est-elle très-peu elliptique, et fort approchante du cercle. En conséquence, la différence qu'il y a de leur plus grande à leur plus petite distance au soleil, varie dans le même rapport; comme on peut le voir par la table suivante.

1800. *Table des différences des plus grandes aux plus petites distances des Planètes primitives au Soleil.*

NOMS DES PLANÈTES.	DIFFÉRENCES				
	en Millioniémes.	En Lieues.	à-peu-près comme		Différences.
Mercure. . .	159400	5541012	3 à	2	$\frac{1}{3}$
Vénus. . . .	10100	351092	72	71	$\frac{1}{72}$
La Terre. . .	33700	1171468	30	29	$\frac{1}{30}$
Mars.	283400	9851460	6	5	$\frac{1}{6}$
Cérès	. . . .	. . . .	. . . .		. . . .
Jupiter . . .	501560	17435068	11	10	$\frac{1}{11}$
Saturne. . .	1,087620	37807498	9	8	$\frac{1}{9}$
Herschell. .	95174	3308408	201	200	$\frac{1}{201}$

1801. Le temps que chaque planète emploie à tourner autour de son astre central, s'appelle *révo-*

lution périodique ; et la courbe qu'elle décrit alors s'appelle son *orbite*, laquelle est elliptique (1760). Le grand axe de l'orbite des planètes primitives, comparé au grand axe de l'orbite de la terre, est dans le même rapport que la moyenne distance de ces planètes au soleil, comparée à la moyenne distance de la terre au même astre (1796). Ainsi, en supposant le grand axe de l'orbe de la terre composé de 100 parties égales, le grand axe de l'orbe de Mercure contient environ 39 de ces parties; le grand axe de l'orbe de Vénus en contient environ 72; celui de l'orbe de Mars, environ 152; celui de l'orbe de Jupiter, environ 520; celui de l'orbe de Saturne, environ 954; et celui de l'orbe d'Herschell, environ 1908. Les planètes achèvent leurs révolutions dans des temps d'autant plus longs, qu'elles sont plus éloignées du soleil, comme l'exprime la table suivante.

1802. *Table de la durée des révolutions des Planètes primitives autour du Soleil.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES RÉVOLUTIONS. En an, mois, jours, heures, etc.						En secondes.
Mercure. . .	. . .	3m.	87j.	23h.	59′	14′ ou	7603154
Vénus. . . .	. . .	$7\frac{1}{2}$	224.	16	39	4	19413544
La Terre . .	1a.	0 ou	365	5	48	$45\frac{1}{2}$	$31556925\frac{1}{2}$
Respectivement à un point du Ciel.			365	6	9	$10\frac{1}{2}$	$31558150\frac{1}{2}$
Mars	1	11	686	22	18	39	59350719
Cérès	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Jupiter . . .	11	10	4330	14	36	0	374164560
Saturne. . .	29	5	10747	15	0	0	928594800
Herschell. .	83	4	30445	18	0	0	2630512800

1803. Nous avons indiqué, dans cette table, deux différentes durées de la révolution de la terre: la première est considérée repectivement à l'équinoxe, et s'appelle *année solaire* ou *année tropique*. C'est donc la durée pendant laquelle le soleil, en vertu de la rotation de la terre autour de lui (1757), nous paroît parcourir les 12 signes du Zodiaque; ou bien c'est le temps qui s'écoule depuis le moment où le soleil est à l'équinoxe, jusqu'à celui où il y arrive de nouveau, après une révolution entière. C'est cette année qui détermine le retour des saisons (1956); c'est aussi la durée de cette année qu'il importe le plus de connoître dans la société.

1804. La seconde durée, indiquée dans la table, est considérée respectivement à un point fixe

dans le ciel, et s'appelle *année sidérale*. C'est la durée de l'année solaire par rapport aux étoiles fixes; c'est-à-dire, c'est le temps qui s'écoule depuis l'instant où le soleil est en conjonction avec une étoile, jusqu'à celui où il arrive de nouveau en conjonction avec la même étoile, après une révolution entière. L'année sidérale est donc plus longue que l'année solaire, relativement aux équinoxes; car les points équinoxiaux rétrogradent chaque année de 50 secondes et environ 20 tierces de degré; et les longitudes des étoiles augmentent de la même quantité (1942). Ainsi le soleil doit rencontrer une étoile plus tard qu'il ne rencontre l'équinoxe, en supposant que l'année précédente il ait rencontré l'étoile et l'équinoxe dans le même instant. Or le mouvement apparent du soleil étant de 59 minutes 8 secondes et environ 20 tierces de degré par jour (1757), il lui faut 20 minutes 25 secondes de temps pour parcourir les 50 secondes 20 tierces, dont la longitude des étoiles est augmentée : d'où il suit que la durée de l'année sidérale est de $365^j\ 6^h\ 9'\ 10''\ 50'''$. C'est ce changement de longitude des étoiles qu'on appelle *précession des équinoxes*.

1805. Les moyennes distances des planètes primitives au soleil (1798) nous font connoître, à peu de chose près, l'étendue de leurs révolutions. Cette étendue une fois connue, ainsi que le temps qu'elles emploient à la parcourir (1802), nous apprennent combien leurs mouvemens sont rapides. La plupart parcourent plusieurs lieues par seconde de temps; et elles vont d'autant plus vîte, qu'elles sont plus voisines du soleil : Mercure va donc le plus vîte de tous, et Herschell le moins vîte. Les tables suivantes

expriment l'étendue de leurs révolutions en lieues et toises, ainsi que leur vîtesse moyenne par seconde de temps moyen.

1806. *Table de l'étendue des Révolutions des Planètes primitives.*

NOMS DES PLANÈTES.	ÉTENDUE DES RÉVOLUTIONS.
Mercure. . .	84582117 lieu. + 3179 mèt. ou 1631 tois.
Vénus. . . .	158049043 . . . . 1906 978
La Terre. . .	218501984 . . . . 850 436
Mars	332929293 . . . . 3179 1631
Cérès	. . . .
Jupiter . . .	1130167039 . . . . 68 35
Saturne . . .	2083898519 . . . . 3502 1797
Herschell . .	4169411242 . . . . 3814 1957

Table des espaces que les Planètes primitives parcourent par seconde de temps moyen.

NOMS DES PLANÈTES.	ESPACES PARCOURUS PAR SECONDE.
Mercure. . .	49500 $\frac{1}{2}$ mèt. ou 25397 $\frac{1}{2}$ tois. ou plus de 11 lieu.
Vénus. . . .	36225 . . . . 18586 . . . ou plus de 8 $\frac{1}{8}$
La Terre. . .	30808 $\frac{1}{2}$ . . . 15807 . . . ou près de 7
Mars.	24960 . . . . 12806 $\frac{1}{2}$ . . ou plus de 5 $\frac{1}{2}$
Jupiter . . .	13440 . . . . 6895 $\frac{4}{5}$ . . ou plus de 3
Saturne. . .	9985 $\frac{2}{3}$ . . . 5123 $\frac{1}{3}$ . . ou près de 2 $\frac{1}{4}$
Herschell . .	7052 $\frac{2}{3}$ . . . 3618 $\frac{2}{3}$ . . ou plus de 1 $\frac{1}{2}$

1807. Chaque planète parcourt, dans un an, un nombre de degrés d'autant plus grand, que sa révolution périodique est plus prompte. Mais, suivant la troisième loi de *Képler* (1762), les planètes vont tantôt plus vîte, tantôt plus lentement dans leurs orbites : ce n'est donc pas de leur mouvement réel, mais de leur mouvement moyen, dont il est ici question. Or le moyen mouvement, soit annuel, soit journalier, des planètes, est dans le même rapport que celui de leurs révolutions ; de sorte que celles qui achèvent leur révolution dans un temps plus court, ont un mouvement plus grand ; c'est-à-dire, parcourent, dans un temps donné, un plus grand nombre de degrés, comme on peut le voir par la table suivante.

1808. *Table des moyens mouvemens annuels et journalier, des Planètes primitives.*

NOMS DES PLANÈTES.	MOYEN MOUVEMENT.										
	ANNUEL.						JOURNALIER.				
	Sig.	D.	M.	Sec.	T.	Quar.	D.	M.	Sec.	T.	Q.
Mercure. . . .	49	23	13	11	39	0	4	5	32	34	47
Vénus.	19	14	47	45	0	0	1	36	8		
La Terre . . .	12	. .	. .	. .	. .	. .	. .	59	8	20	
Mars	6	11	17	9	30	0	. .	31	26	38	
Jupiter	1	0	20	31	50	0	. .	4	59	16	
Saturne. . . .	. .	12	13	33	0	0	. .	2	0	35	
Herschell. . .	. .	4	18	57	8	38	. .	. .	42	34	5

1809. On entend par moyen mouvement annuel, celui qui a lieu autour du soleil dans l'espace d'une année commune, c'es-à-dire, dans l'espace de 365 jours de temps moyen. J'ai cependant mis, dans la table précédente, le mouvement que fait la terre pendant la durée entière d'une année solaire.

1810. Le lieu de l'aphélie des planètes primitives (1795), c'est-à-dire, le point de leur orbite dans lequel elles se trouvent dans leur plus grand éloignement du soleil, n'est pas constamment dans le même point du ciel, non plus que le lieu de leur périhélie : il avance chaque année, à la vérité, d'une très-petite quantité, d'occident en orient. Nous avons mis, dans la table suivante, ce lieu de l'aphélie déterminé par

Cassini pour l'année 1750, ainsi que son moyen mouvement annuel, suivant le même astronome.

1811. *Table du lieu de l'aphélie des Planètes primitives pour l'année* 1750, *et de son moyen mouvement annuel.*

NOMS DES PLANÈTES.	LIEU DE L'APHÉLIE.				MOYEN MOUVEMENT ANNUEL.		
	Sig.	Deg.	Min.	Sec.	Min.	Sec.	Tier.
Mercure. . .	8	13	41	18.	1	20	
Vénus. . . .	10	7	38	. . . . . .	1	26	
Mars	5	1	36	9.	1	11	$47\frac{1}{2}$
Jupiter. . . .	6	10	14	33.	0	57	24
Saturne. . .	8	29	13	31.	1	18	
Herschell . .	11	23	22	59 en 1782			

1812. Le lieu de l'aphélie de la terre est à 9 signes 8 degrés et environ 50 minutes (1755); mais son moyen mouvement annuel n'est pas bien déterminé. Suivant les observations de plusieurs astronomes, ce mouvement est tantôt plus grand et tantôt plus petit que de 50 secondes : ces variétés ont fait croire à quelques astronomes que ce mouvement n'est qu'apparent, est qu'il est causé, de même que celui des étoiles fixes (1752), par la précession des équinoxes.

1813. Puisque l'aphélie et le périhélie d'une planète changent de lieu (1810), il s'ensuit que le plan de l'orbite elliptique se meut : le mouvement de la

planète est donc composé de son mouvement elliptique et de celui du plan de son ellipse; d'où il suit que la courbe qu'elle décrit, n'est pas exactement elliptique.

1814. Nous avons dit ci-dessus (1793), que toutes les orbites des planètes primitives, excepté celle de la terre, sont inclinées au plan de l'écliptique, et toutes d'inclinaisons différentes. Mais toutes ces orbites ont cela de commun, qu'elles coupent l'écliptique en deux points diamétralement opposés l'un à l'autre; et que l'on appelle *nœuds*. Soit N C E L (*fig.* 281) l'écliptique; et N O E R, l'orbite de la planète qui coupe l'écliptique dans les deux points N et E diamétralement opposés, et dont le plan fait un angle avec celui de l'écliptique. Ces deux points N et E sont ceux qu'on appelle *nœuds*. Supposons que la portion N O E de l'orbite soit placée dans la partie septentrionale du ciel, et sa portion E R N, dans la partie méridionale; le nœud E, où se trouve la planète, quand elle passe de la partie méridionale à la partie septentrionale du ciel, s'appelle *nœud ascendant*, parce qu'alors la planète monte vers le pole qui est pour nous le plus élevé; ce nœud se marque par ce caractère ☊. Le nœud N, où passe la planète pour retourner de la partie septentrionale à la partie méridionale du ciel, se nomme *nœud descendant*, et a pour marque ce caractère ☋.

1815. Le lieu E du nœud ascendant de chaque planète n'est pas constamment dans le même point de l'écliptique, non plus que le lieu de son nœud descendant; il avance tous les ans, à la vérité, d'une très-petite quantité, suivant l'ordre des signes, c'est-

à-dire, d'occident en orient. Nous avons mis, dans la table suivante, le lieu du nœud ascendant déterminé par *Cassini* pour l'année 1750, ainsi que son moyen mouvement annuel.

1816. *Table du lieu du nœud ascendant des Planètes primitives pour l'année 1750, et de son moyen mouvement annuel.*

NOMS DES PLANÈTES	LIEU DU NŒUD ASCENDANT.				MOYEN MOUVEMENT ANNUEL		
	Sig.	Deg.	Min.	Sec.	Sec.	Tier.	Quar.
Mercure. .	1	15	25	20.	51		
Vénus. . . .	2	14	27	45.	34		
Mars.	1	17	45	45.	34	32	
Jupiter . . .	3	7	49	57.	24	37	28
Saturne . . .	3	22	1	4.	45		
Herschell . .	2	13	1	0 en 1782			

1817. Outre leur révolution autour du soleil, et que l'on appelle *révolution périodique* (1801), les planètes primitives tournent encore sur leur axe d'occident en orient avec une vîtesse uniforme; et elles emploient des temps différens à ce mouvement de rotation, comme on le peut voir par la table suivante, qui indique aussi la rotation du soleil sur son axe.

1818. *Table de la durée de la rotation du soleil et des Planètes primitives sur leur axe.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES ROTATIONS En heures, minutes, etc.					En secondes.
	Jour.	Heur.	Min	Sec.		
Le Soleil . . .	25	14	8	. . .	ou	2210800
Mercure. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	inconnue.	
Vénus.	. . .	23	20	0	ou	84000
La Terre . . .	. . .	23	56	4	. . . .	86164
Mars	. . .	24	40	0	. . . .	88800
Jupiter	. . .	9	56	0	. . . .	35760
Saturne. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	inconnue.	
Herschell. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	inconnue.	

1819. Comme ce sont les taches qu'on a observées (1744 et 1745) sur la surface des planètes, qui, en changeant de situation, ont fait connoître le mouvement de rotation des planètes sur leur axe, et la durée de ce mouvement, il ne s'est rien trouvé qui ait donné lieu de déterminer ce mouvement ni dans Mercure, ni dans Saturne, ni dans Herschell, parce que le premier est si près du soleil et si fortement illuminé, et les deux autres, au contraire, à cause de leur grand éloignement, sont si peu éclairés, que leurs taches, s'ils en ont, échappent aux observateurs, ou ne se montrent point assez pour les mettre en état de vérifier leur mouvement de rotation. On peut cependant conclure, par analogie, qu'ils en ont un, commes les autres planètes.

1820. En conséquence de ce mouvement de rotation sur leur axe, les planètes et leurs parties acquièrent une force centrifuge (177) plus grande dans les unes que dans les autres; elle est plus grande pour les parties qui sont sous leur équateur, que pour celles qui sont plus voisines de leurs poles; car les premières décrivent un plus grand cercle que les autres, en pareil temps. La force centrifuge qu'acquiert chaque point de l'équateur des planètes, est aussi d'autant plus grande, que leur diamètre et leurs circonférences sont plus considérables, et la durée de leur rotation plus courte; car alors chacun de ces points parcourt un plus grand espace dans un temps donné, comme on peut le voir par la table suivante.

1821. *Table de l'étendue des circonférences de l'équateur du Soleil et des Planètes primitives, et des espaces que parcourent chaques points de ces équateurs par seconde de temps.*

NOMS DES PLANÈTES.	CIRCONFÉRENCE DE L'ÉQUATEUR.	ESPACES PARCOURUS PAR SECONDE.
Le Soleil.	2318673290 toises.	1048 2/3 toises.
Mercure	8466668	inconnus.
Vénus	19975583	237 1/4
La Terre (213). .	20523510	239 1/3
Mars.	13783449	155 1/3
Jupiter.	242900375	6792 1/2
Saturne.	207623519	inconnus.
Herschell.	92505529	inconnus.

TABLE EN MESURES DÉCIMALES.

NOMS DES PLANÈTES.	CIRCONFÉRENCE DE L'ÉQUATEUR.	ESPACES PARCOURUS PAR SECONDE.
Le Soleil.	4519178433 mèt.	2044 mèt.
Mercure	16501843	inconnus.
Vénus	38933136 1/2	463 1/3
La Terre.	40195970	466 1/3
Mars.	26864442 1/2	502 1/2
Jupiter.	473421660 1/2	13239
Saturne	404665777 1/3	inconnus.
Herschell.	180296635	inconnus.

1822. On voit que chaque point de l'équateur de Jupiter a un mouvement très-rapide; ce qui a dû lui donner la figure d'un sphéroïde, applati vers les poles et surhaussé vers l'équateur, comme la même cause l'a donnée à la terre (213). En effet, l'applatissement de Jupiter est très-sensible; et les observations les plus récentes donnent le rapport de 15 à 14 entre le diamètre de Jupiter d'un pole à l'autre, et le diamètre de son équateur.

1823. Les planètes ne se meuvent pas toutes avec une égale vîtesse; les unes mettent plus de temps que les autres à parcourir leur orbite (1802) : de sorte que si on les supposoit toutes placées sur une même ligne, de façon que, vues du soleil, elles fussent toutes apperçues vis-à-vis un même degré du Zodiaque, fort peu de temps après, on les verroit toutes répondre à différens points : aussi changent-elles continuellement de positions respectivement les unes aux autres. Ce sont ces différentes positions que l'on appelle *aspects*, auxquels on donne encore différens noms. On en distingue cinq principaux; savoir, la conjonction, l'opposition, l'opposition trine, l'opposition quadrate, et l'opposition sextile.

1824. Pour nous former une idée nette de ces différens aspects, supposons que AB et CD (*fig.* 282) sont deux cercles parallèles, l'espace qui est entr'eux deux, formant une bande qui représente la largeur du Zodiaque, et au milieu de laquelle est l'écliptique EL. On suppose sur cette bande les 12 signes du Zobiaque, et les cercles sont divisés en différentes parties suivant les différens aspects.

1825. On dit donc que deux planètes sont en

conjonction, lorsqu'elles répondent toutes deux à un même degré du Zodiaque. Cet aspect se désigne ainsi ☌.

1826. L'*opposition* est l'éloignement d'une planète à l'autre de la moitié du Zodiaque, ou de 6 signes, qui valent 180 degrés. Ainsi, si deux planètes sont vues, du point S, l'une en *a* et l'autre en *e*, elles sont en opposition. Cet aspect s'indique par cette marque ☍.

1827. L'*opposition trine* est la distance de deux planètes de la troisième partie du Zodiaque, ou de 4 signes, valant 120 degrés. Si deux planètes sont vues, du point S, l'une en *a* et l'autre en *d*, ou l'une en *d* et l'autre en *f*, etc. elles sont en opposition trine. Cet aspect se désigne par le triangle △.

1828. L'*opposition quadrate* est la distance de deux planètes de la quatrième partie du Zodiaque, ou de 3 signes, qui valent 90 degrés. Si deux planètes sont vues, du point S, l'une en *a* et l'autre en *c*, ou l'une en *c* et l'autre en *e*, etc. elles sont en opposition quadrate. Cet aspect s'indique par cette figure □.

1829. L'*opposition sextile* est la distance de deux planètes de la sixième partie du Zodiaque, ou de 2 signes, qui valent ensemble soixante degrés. Si donc deux planètes sont vues, du point S, l'une en *b* et l'autre en *d*, ou l'une en *d* et l'autre en *e*, etc. elles sont en opposition sextile. Cet aspect se marque par un astérisme *.

1830. En général on énonce les différens aspects (excepté la conjonction) par le mot opposition, ou plutôt par la marque ☍, en ajoutant le nombre des signes ou des degrés, etc. en longitude du Zodiaque,

qui sont interceptés entre les deux lieux du ciel auxquels répondent les deux astres. On dit, par exemple, Jupiter et Saturne sont en ☍ de 2 signes 10 degrés, ou de 70 degrés 15′ 25″ 3‴, etc.

1831. Il est maintenant aisé de comprendre que les planètes, par leur mouvement continuel, doivent changer leurs aspects réciproques; de sorte que deux planètes, qui seroient en opposition sextile (1829), se trouveront dans la suite en opposition quadrate (1828) ou trine (1827). Par exemple, si Mars se trouvoit en *b* au premier degré des Gemeaux ♊, lorsque la terre est en *d* au premier degré du Lion ♌, ces deux planètes seroient en opposition sextile : et environ 4 mois après Mars, qui va à-peu-près une fois moins vîte que la terre, se trouveroit en *d* au premier degré du Lion, tandis que la terre, qui va à-peu-près une fois plus vîte que Mars, seroit en *f* au premier degré du Sagittaire ♐; ce qui mettroit les deux planètes en opposition trine.

1832. Si l'on étoit placé au centre du mouvement des planètes, par exemple, au soleil, on les verroit toujours comme des disques lumineux bien arrondis; parce que leur hémisphère éclairé seroit toujours tourné vers nous. Mais étant placés sur la terre, il n'y a quelquefois qu'une portion de cet hémisphère éclairé qui soit tournée de notre côté, et qui est la seule que nous puissions appercevoir : c'est ainsi que lu lune se présente à nous; et c'est ce qu'on appelle ses *phases* (1995). On remarque très-bien de semblables phases, en observant Vénus avec un télescope, parce que, n'embrassant pas la terre dans sa révolution, elle se trouve quelquefois entre le soleil

et la terre; et alors tout son hémisphère éclairé est caché pour nous. On remarqueroit la même chose à Mercure, s'il étoit plus gros, et pas si voisin du soleil (1690). Quant aux planètes supérieures (1781), qui embrassent la terre dans leur révolution, et qui sont beaucoup plus éloignées du soleil que ne l'est la terre (1798), il y a toujours une grande portion de leur hémisphère éclairé tournée vers nous; et une portion tellement grande, que nous les voyons toujours arrondies, si l'on en excepte Mars, dont le disque paroît quelquefois tant soit peu ovale.

1833. On peut représenter ces différentes phases, en exposant, à la lumière d'un flambeau, un corps sphérique qui puisse la réfléchir. Si le flambeau se trouve placé entre le corps sphérique et votre œil, tout son hémisphère éclairé sera de votre côté : si ensuite vous le faites tourner autour du flambeau, en sorte que le flambeau, l'œil et le corps sphérique soient dans le même plan, la portion éclairée tournée vers vous ira toujours en diminuant, jusqu'à ce que le corps sphérique se trouvant entre le flambeau et l'œil, il n'y aura plus de votre côté que la partie obscure. Dans ce cas, le corps sphérique représentera les planètes inférieures (1782). Pour lui faire représenter les planètes supérieures, il faut le faire tourner de manière qu'il embrasse l'œil dans sa révolution : alors vous le verrez toujours d'autant plus rond, qu'il décrira une courbe d'un plus grand diamètre.

1834. Les planètes primitives tournant toutes autour du soleil (1780), et cela dans des temps très-différens les uns des autres (1802), il s'ensuit qu'elles se trouvent, en différens temps, à des distances très-

différentes les unes des autres : ce sont ces distances des planètes à la terre qu'il nous importe de connoître, et dont il est aisé de juger, leur distance au soleil, ainsi que celle de la terre au même astre, étant connue (1798). Les planètes supérieures (1781) sont plus près de la terre dans leur opposition avec le soleil, qu'elles ne le sont dans leur conjonction, et les planètes inférieures (1782) sont plus près de la terre dans leur conjonction inférieure, qu'elles ne le sont dans leur conjonction supérieure. La différence qu'il y a de leur plus grande à leur plus petite distance, est même quelquefois très-considérable. Par exemple, Mars et Vénus peuvent se trouver, dans certains temps, environ sept fois aussi près de la terre que dans d'autres. Car, si lorsque Mars est dans son périhélie, et la terre dans son aphélie (1795), la première de ces planètes se trouve en *a* (*fig.* 276) en opposition avec le soleil; elle est plus de sept fois aussi près de la terre qu'elle le seroit, si, étant dans son aphélie, ainsi que la terre, elle se trouvoit en *b* en conjonction. De même si, lorsque Vénus est dans son aphélie et la terre dans son périhélie, la première se trouve en *c* dans sa conjonction inférieure, elle est près de sept fois aussi près de la terre, qu'elle le seroit si, la terre étant dans son aphélie, ainsi que Vénus, cette dernière se trouvoit en *d* dans sa conjonction supérieure. C'est pour cette raison que le diamètre apparent des planètes varie si considérablement de grandeur : de sorte que nous les voyons quelquefois très-grandes et très-lumineuses, tandis qu'en d'autres temps elles nous paroissent fort petites, et beaucoup moins brillantes; comme cela s'observe sur-tout à Vénus. Les moyennes distances des pla-

nètes supérieures à la terre, sont les mêmes que celles de ces planètes au soleil ; et les moyennes distances des planètes inférieures à la terre sont la même que celle de la terre au soleil (1798). La table suivante indique toutes ces différentes distances des planètes à la terre, en lieues de 25 au degré.

1835. *Table des différentes distances des six Planètes primitives à la terre, en lieues.*

NOMS DES PLANÈTES.	MOYENNES DISTANCES.	PLUS GRANDES DISTANCES. OU APOGÉES.	PLUS PETITES DISTANCES OU PÉRIGÉES.
Mercure . . .	34761680	51574166	17949194
Vénus	34761680	60667126	8856234
Mars	52966024	93239168	12692880
Jupiter. . . .	180794802	224859750	136729854
Saturne.. . .	331628860	385880023	277377697
Herschell. . .	663515425	700317043	626313807

1836. Il est aisé de voir que chacune des plus grandes distances, ou distances apogées, des planètes à la terre, est égale à la somme des distances aphélies de la terre et de la planète dont il s'agit. On peut voir aussi que chacune des plus petites distances, ou distances périgées, des planètes inférieures à la terre, est égale à la différence de la distance périhélie de la terre à la distance aphélie de la planète ; et qu'au contraire chacune des plus petites distances, ou distances périgées, des planètes supérieures à la terre,

est égale à la différence de la distance aphélie de la terre à la distance périhélie de la planète.

1837. La différence de chacune des distances apogées des planètes inférieures à leurs distances périgées, est égale à deux fois la distance aphélie de la planète, plus la différence de la distance aphelie à la distance périhélie de la terre (1800). Et la différence de chacune des distances apogées des planètes supérieures à leurs distances périgées, est égale à deux fois la distance aphélie de la terre, plus la différence de la distance aphélie à la distance périhélie de la planète ; comme on peut le voir par la table suivante.

1838. *Table des différences des distances apogées aux distances périgées des six Planètes primitives, en lieues.*

NOMS DES PLANÈTES.	DIFFÉRENCES EN LIEUES.	RAPPORT DE L'APOGÉE AU PÉRIGÉE.		DIFFÉRENCES.
Mercure . . .	33624972	3 à	1	$\frac{2}{3}$
Vénus	51810892	7	1	$\frac{6}{7}$
Mars.	80546288	22	3	$\frac{19}{22}$
Jupiter. . . .	88129896	11	7	$\frac{4}{11}$
Saturne. . . .	108502326	25	18	$\frac{7}{25}$
Herschell. . .	74003236	19	17	$\frac{2}{19}$

1839. Si l'on étoit placé au soleil pour observer la marche d'une planète, on ne la verroit point marcher d'un pas égal ; 1°. parce que sa vîtesse se ralentit

à mesure qu'elle s'éloigne de son astre central, et qu'au contraire elle s'accélère, lorsqu'elle s'en approche (1762). Elle va donc moins vîte vers la partie *c* (*fig.* 283) de son orbite, que vers la partie *a*, point où elle est le plus près du soleil S. 2°. Parce qu'elle a plus de chemin à faire pour parcourir la portion *f c h* de son orbite, laquelle ne répond qu'à la moitié FCH du ciel, que pour parcourir l'autre portion *h a f*, qui répond à l'autre moitié HAF du ciel.

1840. Mais le mouvement de la planète vue de la terre, paroît beaucoup plus irrégulier; car la planète paroît tantôt accélérée, tantôt retardée, tantôt directe, tantôt rétrograde, et tantôt stationnaire. Ces irrégularités ne sont cependant qu'apparentes: elles résultent, 1°. de ce que la terre se meut elle-même; 2°. de ce qu'elle n'est pas au centre de la révolution de la planète.

1841. Une planète est dite *accélérée*, lorsque son mouvement, respectivement à la terre, paroît plus grand qu'il n'est réellement: cette accélération a lieu, pour les planètes inférieures, Mercure et Vénus, quelque temps après leur conjonction (1825) inférieure: et elle a lieu, pour les planètes supérieures, Mars, Jupiter, Saturne et Herschell, après leur conjonction avec le soleil. Soit DETG (*fig.* 284) l'orbite de la terre; ABMC, l'orbite de Mars; et le soleil en S. Lorsque la terre est en T, et Mars en A dans sa conjonction, ou en M dans son opposition (1826) avec le soleil, soit qu'il soit vu du soleil S, ou de la terre T, il est rapporté au point N du ciel dans le premier cas, et au point O dans le second; ce qui fait voir que, dans les conjonctions et dans les oppositions

le lieu vrai et le lieu apparent sont le même. Mais dans tous les autres cas, le lieu apparent diffère du lieu vrai, comme on le va voir. Supposons donc S le soleil, la terre en T, et Mars en A; Mars est alors rapporté au point N du ciel, qui est le lieu vrai. Mais comme la terre va plus vîte dans son orbite, que Mars dans la sienne (1802), elle sera arrivée au point G, lorsque Mars ne sera qu'au point X: Mars, vu de la terre G, sera donc rapporté au point I, plus avancé dans le zodiaque que le point K, qui est celui où il seroit rapporté, s'il étoit vu du soleil S: son mouvement paroît donc accéléré. Cette accélération va en augmentant jusqu'à l'opposition de 3 signes, c'est-à-dire, lorsque la terre est en D, et Mars en B: Mars est alors rapporté au point Y au lieu du point Q, où il seroit vu du soleil.

1842. Une planète est dite *retardée*, lorsque son mouvement, respectivement à la terre, paroît moindre qu'il n'est réellement. Elle paroît donc alors avoir ralenti sa marche. Ce retardement a lieu, pour les planètes inférieures, après leur conjonction supérieure; et il a lieu, pour les planètes supérieures, après leur opposition au soleil. Soit le soleil en S, la terre en T, et Mars en M, dans son opposition au soleil; soit qu'il soit vu alors du soleil S ou de la terre T, il est rapporté au point O du ciel (1841): mais comme la terre va plus vîte dans son orbite que Mars dans la sienne (1802), elle sera arrivée au point G, lorsque Mars ne sera encore qu'au point V: Mars, vu de la terre G, sera donc rapporté au point F, moins avancé dans le zodiaque que le point H, qui est celui où il seroit rapporté, s'il étoit vu du soleil S. Son mouvement paroît donc retardé. Ce retardement va

en augmentant jusqu'à l'opposition de trois signes ; c'est-à-dire, lorsque la terre est arrivée en D, et Mars en C: Mars est alors rapporté au point Z, au lieu du point R, où il seroit vu du soleil.

1843. Supposons maintenant que DETG soit l'orbite de Vénus; et ABMC, l'orbite de la terre ; que la terre soit en M, et Vénus en D, dans sa conjonction supérieure : alors Vénus seroit rapportée au point N du ciel; soit qu'elle fût vue du soleil S, soit de la terre M : mais comme Vénus va plus vite dans son orbite, que la terre dans la sienne (1802), elle ira de D en *e* pendant que la terre ira de M en *b* : Vénus sera donc, vue de la terre *b*, rapportée au point *f* moins avancé dans le zodiaque que le point *g*, où elle seroit rapportée, si elle étoit vue du soleil ; ce qui fait que son mouvement paroît retardé.

1844. On appelle *rétrograde*, une planète qui, vue de la terre, a un mouvement apparent d'orient en occident, ou contre l'ordre des signes. En observant le mouvement propre des planètes sur leur orbite, on a remarqué, dès le temps d'*Hipparque*, qu'après avoir paru se mouvoir d'occident en orient suivant l'ordre des signes, elles paroissent s'arrêter quelque temps, et ensuite rétrograder, semblant alors se mouvoir d'orient en occident, contre l'ordre des signes. C'est ce mouvement, contraire à leur mouvement propre, que l'on appelle *rétrogradation*.

1845. Les rétrogradations des planètes supérieures ont lieu lorsqu'elles sont en opposition avec le soleil, et celles des planètes inférieures ont lieu vers leur conjonction inférieure, c'est-à-dire, un peu avant et un peu après. Supposons encore DETG

l'orbite de la terre, et ABMC l'orbite d'une planète supérieure, par exemple Mars. Si la terre étant en T, Mars se trouve en A, et continuant de se mouvoir de A vers X, tandis que la terre va de T vers G, Mars paroît aller, comme il va réellement, d'occident en orient, suivant l'ordre des signes : il a alors un mouvement direct. Mais si, lorsque la terre est en T, Mars se trouve en M en opposition avec le soleil, vu du soleil S ou de la terre T, il est rapporté au point O. Les deux planètes continuant d'avancer dans leurs orbites, et la terre allant plus vîte que Mars, la terre se trouve en *t*, lorsque Mars n'est encore qu'en *a* : alors Mars, vu du soleil S, est rapporté au point P, plus avancé dans le zodiaque que le point O; mais, vu de la terre *t*, il est apperçu dans la direction *tac*, et rapporté au point *c*, moins avancé que le point O : il paroît donc avoir rétrogradé, et s'être mu d'orient en occident, contre l'ordre des signes.

1846. Supposons, maintenant, pour les planètes inférieures, que ABMC est l'orbite de la terre; et DETG, l'orbite de Vénus. Lorsque la terre est en M, et que Vénus se trouve en D dans sa conjonction supérieure, elle paroît aller, comme elle va réellement, d'occident en orient, c'est-à-dire, de D vers E, et, en prenant les points du ciel qui y répondent respectivement à la terre, de N vers K; et elle a alors un mouvement direct. Mais si, la terre étant en M, Vénus se trouve en L vers sa conjonction inférieure, vue de la terre M, elle paroît aller d'orient en occident, c'est-à-dire, de K vers N, parce qu'elle va de L vers T et G plus vîte que la la terre ne va de M vers C : de sorte qu'elle sera arrivée vers G lorsque

la terre ne sera encore qu'en V; et alors, vue de la terre V, elle sera rapportée au point N du ciel, où elle paroissoit quelque temps auparavant. Ainsi Vénus est rétrograde, en apparence, dans sa conjonction inférieure; car, quoiqu'elle aille alors du même sens que lorsqu'elle étoit en D, elle va, par rapport à la terre, en sens contraire : elle avançoit de N vers K dans le premier cas; et dans le second, elle semble retourner de K vers N, contre l'ordre des signes. On peut dire de Mercure ce que nous venons de dire de Vénus.

1847. Ces rétrogradations ont lieu pour toutes les planètes, supérieures et inférieures, à chaque révolution synodique (1855), c'est-à-dire, dans l'intervalle qu'il y a entre une conjonction de la planète au soleil et la semblable conjonction suivante. Ce n'est donc pas à la durée de la révolution périodique (1802) et au mouvement propre de la planète, que ces inégalités sont dues : c'est plutôt à la différence des mouvemens de la planète et de la terre; c'est à ses retours au soleil.

1848. Toutes les planètes ne rétrogradent pas de la même quantité, ni pendant la même durée de temps. On observe qu'en général les planètes les plus éloignées demeurent plus long-temps rétrogrades, quoique dans leurs rétrogradations elles parcourent des arcs d'un moindre nombre de degrés, comme on le peut voir par la table suivante.

1849. *Table de la durée de la rétrogradation des Planètes primitives, et de la quantité dont chacune rétrograde.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DE LA RÉTROGRADATION.	QUANTITÉ DE LA RÉTROGRADATION.
Mercure.	environ 22 jours.	environ 11 degrés.
Vénus.	42	16
Mars.	75	12
Jupiter.	119	10
Saturne.	136	7
Herschell.	151	$3\frac{1}{3}$

1850. On appelle *stationnaire* une planète qui, vue de la terre, paroît pendant quelque temps ne point changer de place, et répondre toujours au même point du ciel. Entre le mouvement direct et le mouvement rétrograde des planèses, il y a un instant de repos, un temps pendant lequel la planète ne paroît point se mouvoir, c'est-à-dire, où elle ne paroît ni avancer ni reculer dans le zodiaque, enfin un temps où elle paroît stationnaire. Elle cesse alors d'être directe, elle est prête à être rétrograde; mais elle n'est ni l'un ni l'autre: elle est dans le point de réunion où se touchent les arcs de direction et de rétrogradation; et c'est ce qu'on appelle *station.* Tant que la planète demeure dans sa station, nous l'appercevons dans le même degré du zodiaque, c'est-à-dire, que la ligne tirée de notre œil par le centre de

la planète, se dirige toujours vers le même degré du zodiaque; et par conséquent la planète garde, pendant tout ce temps-là, la même longitude géocentrique, quoiqu'elle change réellement de longitude héliocentrique.

1851. A chaque révolution synodique des planètes (1855), il y a deux stations; l'une immédiatement avant que la planète soit rétrograde, et l'autre dans le moment qu'elle cesse de l'être. Cela arrive quand les lignes, suivant lesquelles on voit, de dessus la terre, une planète placée en deux différens endroits de son orbite, sont parallèles entr'elles; car alors les deux lieux où l'on voit la planète dans le ciel, sont sensiblement le même, à cause de la petitesse du rayon de l'orbe terrestre (1798) en comparaison de la distance des étoiles (1700), qui est immense. C'est donc, par exemple, pour Vénus, dans le temps qu'elle va du point *i* au point L de son orbite, et à-peu-près autant après sa rétrogradation (1846). Il est aisé de concevoir que les lignes, suivant lesquelles on voit, de la terre M, la planète de Vénus depuis *i* jusqu'en L, sont sensiblement parallèles.

1852. Les stations des différentes planètes ne sont pas d'une longue durée; de plus, les temps de chacune de ces différentes stations ne sont pas toujours égaux, parce que les orbites des planètes ne sont pas des cercles qui aient le soleil pour centre, mais des ellipses dont le soleil occupe un des foyers (1760), et dans lesquelles les planètes ne se meuvent par uniformément (1762). On trouvera dans la table suivante, la durée, ou à-peu-près, des stations des planètes.

1853. *Table de la durée des stations des Planètes primitives.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES STATIONS.
Mercure.	environ $\frac{1}{2}$ jours.
Vénus.	. . . . $1\frac{1}{2}$
Mars.	 2
Jupiter	 4
Saturne.	 8
Herschell	inconnue.

1854. Pour expliquer ces inégalités, dans le système de *Ptolémée*, il falloit faire mouvoir chaque planète dans un épicycle, par un mouvement qui dépendoit de la longueur de l'année, et qui étoit différent pour chaque planète. On a imaginé pour cela des explications très-ingénieuses, mais qui, quoique très-compliquées, ne suffisoient pas toujours. Toute cette complication de mouvemens a heureusement disparu dans le système de *Copernic* (1707), qui en a débarrassé l'astronomie, en supposant le soleil au centre de notre système planétaire, et attribuant à la terre un mouvement de rotation sur son axe, et un mouvement annuel autour du soleil.

1855. Les révolutions des planètes peuvent être considérées relativement à leur astre central, ou relativement à la terre. Dans le premier cas, elles s'appellent *révolutions périodiques* (1801) : c'est le temps que les planètes emploient à tourner autour

de

de leur astre central, respectivement à un point fixe dans le ciel, ou respectivement aux points équinoxiaux (1802). Dans le second cas, elles s'appellent *révolutions synodiques :* c'est le temps que les planètes, vues de la terre, emploient à retourner au soleil; c'est-à-dire, le temps qui s'écoule entre une conjonction moyenne et la semblable suivante. Ce temps est bien différent de celui des révolutions périodiques (1802), comme on peut le voir par la table suivante.

1856. *Table de la durée des révolutions synodiques des Planètes primitives, comparée à celles de leurs révolutions périodiques.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES RÉVOLUTIONS SYNODIQUES.	DURÉE DES RÉVOLUTIONS PÉRIODIQUES.
Mercure	environ 116 jours.	environ 88 jours.
Vénus	1 an. 219	 224
Mars.	2. 59	1 an . . . 321
Jupiter.	1. 34	11. . . . 313
Saturne	1. 13	29. . . . 154
Herschell. . . .	1. 5	83. . . . 130

Des Planètes secondaires.

1857. Les planètes secondaires sont celles qui font leur révolution autour d'une autre planète, laquelle fait elle-même sa révolution autour du soleil. On en compte 20 (1764); savoir, la lune, les 4 satel-

lites de Jupiter, les 7 satellites de Saturne, et les 8 satellites d'Herschell.

1858. Le diamètre apparent de la lune, supposée vue à une distance égale à la moyenne distance de la terre au soleil (1750), est de 4 secondes 54 $\frac{9}{10}$ tierces : d'où il suit qu'il n'est que la 390e partie du diamètre du soleil (1784).

1859. En comparant le diamètre de la lune à celui de la terre, que l'on prend pour l'unité (1788), on trouve que le diamètre de la lune est à-peu-près les $\frac{2}{7}$ de celui de la terre, et qu'il est de 828 lieues.

1860. Les grosseurs des planètes, comparées entr'elles, étant comme les cubes de leurs diamétres, si l'on fait le cube du diamètre de la lune, et qu'on le compare à celui du diamètre de la terre, on trouvera que la grosseur de la lune n'est qu'environ $\frac{2}{41}$ de celle de la terre, ou plus exactement en décimales 0,024139.

1861. La densité de la lune a été calculée, comme celles du soleil (1755) et des planètes primitives (1789), par la valeur de son action sur les autres corps ; et comparée à celle de la terre prise pour l'unité, elle a été trouvée 0,687060, ou à-peu-près comme 7 à 10.

1862. D'après ces données, sa grosseur (1860) et sa densité (1861), on connoît sa masse en multipliant l'une par l'autre ; et l'on trouve qu'elle n'est qu'environ $\frac{1}{60}$ de la masse de la terre, ou plus exactement en décimales 0,016585.

1863. La lune étant très-près de la terre, en comparaison des autres planètes, et ayant un dia-

mètre apparent de plus d'un demi-degré, a été connue de tout temps. Il n'en est pas de même des satellites: ils ne sont connus que depuis l'invention des lunettes (1575), sans lesquelles on ne peut les voir, parce qu'ils sont trop éloignés de nous. Ce grand éloignement est cause qu'on ne connoît que très-imparfaitement leurs diamètres et leurs grosseurs.

1864. Les 4 satellites de Jupiter ont été découverts par *Galilée*, peu après l'invention des lunettes, c'est-à-dire, en l'année 1610. Le quatrième satellite de Saturne a été découvert par *Huyghens*, en l'année 1655 : quatre autres l'ont été par *Cassini*; savoir, le troisième en 1671; le cinquième, en 1672; et les deux premiers en 1684 : le 6e et le 7e ont été découvert en 1789, par *Herschell*, au moyen de son grand télescope. Ces deux derniers devroient être comptés les deux premiers, puisqu'ils sont les plus proches de Saturne : mais les astronomes les désignent sous les nos 6e et 7e, afin de ne rien déranger à leurs tables. Le plus voisin de Saturne a été découvert au mois d'octobre; et l'autre l'avoit été au mois de septembre. Les 8 satellites d'Herschell ont aussi été découverts par *Herschell*, qui avoit lui-même découvert la planète.

1865. On désigne les satellites relativement à leur distance à leur planète principale : on appelle donc *premier satellite*, celui qui est le plus proche de cette planète; *second satellite*, celui qui est le plus proche après le premier, etc.

1866. Le mouvement propre de la lune, ainsi que celui de chaque satellite, se fait, de même que celui des planètes primitives (1793), d'occident en

orient, suivant l'ordre des signes, sur une orbite elliptique, à l'un des foyers de laquelle se trouve la planète principale du satellite (1760); et outre cela, la lune et chaque satellite sont emportés d'un mouvement commun avec leur planète principale, dans la révolution qu'elle fait autour du soleil : de sorte qu'ils décrivent dans le ciel une courbe singulière, et difficile à déterminer.

1867. Mais comme les satellites de Jupiter, de Saturne et d'Herschell, n'embrassent point la terre dans leur révolution, qu'ils en sont même très-éloignés lorsqu'ils sont dans la partie supérieure de leur orbite, qui est la plus éloignée de nous, il nous paroissent aller, comme ils vont réellement (1866), d'occident en orient; mais lorsqu'ils sont dans la partie inférieure de leur orbe, ils nous paroissent aller de l'orient vers l'occident, et nous semblent rétrograder.

1868. L'inclinaison de l'orbite de la lune au plan de l'écliptique n'est pas toujours précisément de la même quantité : elle n'est jamais moindre de 5 degrés 1 minute; et elle peut aller jusqu'à 5 degrés 17 minutes : on y observe donc une variation de 16 minutes. Cette variation dépend de la différente distance du soleil aux nœuds (1814) de la lune. Lorsque cette distance est de 90 degrés, l'inclinaison de l'orbite est de 5 degrés 1 minute; mais lorsque cette distance est nulle, c'est-à-dire, lorsque le soleil est dans les nœuds de la lune (1886), l'inclinaison de l'orbite au plan de l'écliptique est de 5 degrés 17 minutes.

1869. Les orbites des 4 satellites de Jupiter sont inclinées à celle de Jupiter de 2 degrés 55 minutes : on a cependant jugé l'inclinaison des orbites du second et du troisième satellites un peu plus grande.

1870. Les orbites des quatres premiers satellites de Saturne sont inclinées à l'écliptique de 31 degrés 20 minutes : et l'orbite du cinquième satellite n'est inclinée à l'écliptique que d'environ 15 degrés et demi.

Les orbites des satellites d'Herschell sont presque perpendiculaires à l'écliptique.

1871. Les distances des planètes secondaires à leur planète principale sont différentes les unes des autres. De plus, la distance de chacune de ces planètes à son astre central varie, puisque, de même que les planètes primitives, elles décrivent des ellipses, dont leur planète principale occupe un des foyers (1760). La lune est donc tantôt dans son apogée, tantôt dans son périgée, tantôt dans ses moyennes distances (1749). La moyenne distance de la lune à la terre est d'environ 59 demi-diamètres de la terre, ce qui vaut 84515 lieues ; et son excentricité (1795) étant, suivant *Clairaut*, de 5505 parties, dont la moitié du grand axe de son orbe en contient 100000, sa distance dans l'apogée est de 89167 $\frac{1}{2}$ lieues ; et dans le périgée, de 79862 $\frac{1}{2}$ lieues, dont la différence est 9505. De sorte que sa plus grande distance est à sa plus petite à-peu-près comme 19 est à 17, dont la différence est $\frac{2}{19}$. On trouvera dans la table suivante les distances moyennes des planètes secondaires à leur astre central.

1872. *Table des moyennes distances des Planètes secondaires à leur planète principale.*

NOMS DES PLANÈTES.	DISTANCES MOYENNES		
	En demi-diamètre DE LA TERRE.		EN LIEUES.
La Lune.	 59	. . . .	84515
	En demi-diamètre DE JUPITER.		
1er. satellite de Jupiter.	 5,67	. . . .	92540
2e.	 9	. . . .	146898
3e.	 14,38	. . . .	234710
4e.	 25,30	. . . .	412946
	En demi-diamètre DE SATURNE	DE L'ANNEAU.	
1er satellite de Saturne.	 4,70	1,93	65149
2e.	 5,12	2,47	83377
3e.	 7,16	3,45	116458
4e.	 18,00	8,00	270048
5e.	 52,50	23,23	884152
6e.	 3,04	1,30	44043
7e.	 3,90	1,67	56390
	En secondes.		
1er. satellite d'Herschell.	 25,50	. . . .	82037
2e.	 33,00	. . . .	$106165\frac{1}{2}$
3e.	 38,57	. . . .	124085
4e.	 44,20	. . . .	$142197\frac{1}{2}$
5e.	. . . . , 88,40	. . . .	284395
6e.	176,80	. . . .	568790

On ne connoît pas encore les moyennes distances des deux derniers satellites qu'*Herschell* a découverts à sa planète.

A la distance d'Herschell, une seconde vaut 3217 lieues $\frac{1353}{10000}$.

1873. Les planètes secondaires, de même que les primitives (1801), achèvent leurs révolutions dans des temps d'autant plus longs, qu'elles sont plus éloi-

loignées de leur planète principale, comme on le peut voir par la table suivante. Les révolutions qui y sont énoncées, sont celles qu'on appelle *révolutions périodiques ;* ce sont celles que font ces planètes autour de leur astre central, relativement à un point fixe dans le ciel.

1874. Mais il y en a d'autres qu'on appelle *révolutions synodiques*, qui sont celles que fait la lune, par exemple, depuis sa conjonction avec le soleil jusqu'à sa conjonction suivante ; et celles que font les satellites, par exemple, depuis leur conjonction inférieure avec leur planète principale jusqu'à leur conjonction inférieure suivante. Les durées de ces dernières sont plus longues que celles des premières ; car, dans l'intervalle du retour des planètes secondaires à leurs conjonctions avec leur planète principale, elles décrivent leur orbite en entier, plus un arc égal à celui qu'a décrit leur planète principale en pareil temps : il faut donc, pour avoir la durée de leurs révolutions synodiques, ajouter, à la durée de leur révolution périodique, le temps que la planète secondaire emploie à décrire un arc égal à celui du moyen mouvement de sa planète principale pendant la durée de sa révolution. Dans les deux tables suivantes, on trouvera les durées de ces deux sortes de révolutions.

1875. *Table de la durée des Révolutions périodiques des Planètes secondaires autour de leur Planète principale.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES RÉVOLUTIONS					
	En jours, heures, etc.					En secondes.
La Lune, par rapport aux étoiles.	27j.	7h.	43′	11″	36‴ ou	2360591,6
— Par rapport à l'équinoxe.	27	7	43	5	. . . .	2360585
1er. satellite de Jupiter.	1	18	27	33	. . . .	152853
2e.	3	13	13	43	. . . .	306822
3e.	7	3	42	33	. . . .	618153
4e.	16	16	32	8	. . . .	1441928
1er satellite de Saturne.	1	21	18	27	. . . .	163107
2e.	2	17	44	22	. . . .	236662
3e.	4	12	25	12	. . . .	390312
4e.	15	22	34	38	. . . .	1377278
5e.	79	7	47	0	. . . .	6853620
6e.	. . .	22	40	46	. . . .	81646
7e.	1	8	53	9	. . . .	118389
1er satell. d'Herschell.	5	21	25	. . .	. . . .	509100
2e.	8	17	1	19	. . . .	752479
3e.	10	23	4	. . .	. . . .	247040
4e.	13	11	5	1	. . . .	1163101
5e.	36	1	49	. . .	. . . .	3116940
6e.	107	16	40	. . .	. . . .	9304800

On ne connoit pas encore la durée des révolutions périodiques des deux derniers satellites qu'*Herschell* a découverts à sa planète.

1876. *Table de la durée des révolutions sydoniques des Planètes secondaires autour de leur Planète principale.*

NOMS DES PLANÈTES.	DURÉE DES RÉVOLUTIONS En jours, heures, etc.					DURÉE DES RÉVOLUTIONS En secondes.
La Lune.	29 j.	12 h.	44	3'	20'''	$2551443\frac{1}{3}$
1er satellite de Jupiter.	1	18	28	36	. . .	152916
2e.	3	13	17	54	. . .	307074
3e.	7	3	59	36	. . .	619176
4e.	16	18	5	7	. . .	1447507

1877. La connoissance de la durée des révolutions synodiques de la lune et des satellites de Jupiter est nécessaire pour le calcul de leurs éclipses. Il n'en est pas de même de la durée des révolutions synodiques des satellites de Saturne, parce qu'ils sont si éloignés de la terre, et nous renvoient si peu de lumière, qu'on ne peut pas observer leurs éclipses, c'est pourquoi nous n'avons point énoncé ces durées dans la table précédente.

1878. Les moyennes distances des planètes secondaires à leur planète principale (1872) nous font connoître, à peu de chose près, l'étendue de leurs révolutions. Cette étendue une fois connue, ainsi que le temps qu'elles emploient à la parcourir (1875), nous apprennent quelle est la rapidité de leurs mouvemens. La plupart parcourent plusieurs lieues par

seconde de temps ; et elles vont d'autant plus vîte, qu'elles sont plus proches de leur planète principale. Nous faisons connoître, par la table suivante, l'étendue de leurs révolutions, en lieues et toises, ainsi que leur vîtesse moyenne par seconde de temps moyen.

1879. *Table de l'étendue des révolutions des Planètes secondaires, et des espaces qu'elles parcourent par seconde de temps moyen.*

NOMS DES PLANÈTES.	ÉTENDUE DES RÉVOLUTIONS.		ESPACE PARCOURUS PAR SECONDE.	
	lieues.	toises.	toises.	lieues.
La Lune . . .	531237 +	326	$513\frac{3}{4}$	ou près de $\frac{1}{4}$
1er satellite de Jupiter. . . .	581680.		8688	ou plus de $3\frac{4}{5}$
2e.	923358. . . .	1957	6871	ou plus de 3
3e.	1475320.		5449	ou plus de $2\frac{3}{5}$
4e.	2595660. . . .	1305	4110	ou . . . . $1\frac{4}{5}$
1er satellite de Saturne . . .	409508.		5732	ou plus de $2\frac{1}{2}$
2e.	524084.		5056	ou plus de $2\frac{1}{5}$
3e.	732021. . . .	1631	4282	ou . . . . 1 7/[illegible]
4e.	1697444. . . .	1305	2814	ou près de $1\frac{1}{4}$
5e.	5557526. . . .	1957	1851	ou plus de $\frac{4}{5}$
6e.	276841. . . .	1888	7741	ou plus de $3\frac{2}{3}$
7e.	354453. . . .	1925	6835	ou près de 3
1er satellite d'Herschell. .	515453,884261		2312	ou plus de 1
2e.	667057,967867		2024	ou près de 1
3e.	779649,267292		1879	ou plus de o,$\frac{4}{5}$
4e.	893453,399386		1754	ou plus de o,$\frac{3}{4}$
5e.	1786906,798772		1309	ou plus de o,$\frac{1}{2}$
6e.	3573813,597544		877	ou plus de o,$\frac{1}{3}$

TABLE EN MESURES DECIMALES.

NOMS DES PLANÈTES.	ÉTENDUE DES RÉVOLUTIONS.		ESPACES PARCOURUS PAR SECONDE.	
	lieues.	mètres.	mètres.	lieues.
La Lune . . .	531237 +	635	1001	ou près de 0 $\frac{1}{4}$
1er satellite de Jupiter . . .	581680.		16933	ou plus de 3 $\frac{4}{5}$
2e.	923358. . . .	3814	13392	ou plus de 3
3e.	1475320.		10620	ou plus de 2 $\frac{2}{5}$
4e.	2595660. . . .	2543	8011	ou plus de 1 $\frac{4}{5}$
1er satellite de Saturne . . .	409508.		11172	ou plus de 2 $\frac{1}{2}$
2e.	524084.		9854	ou plus de 2 $\frac{1}{5}$
3e.	732021. . . .	3179	8346	ou plus de 1 $\frac{7}{8}$
4e.	1697444. . . .	2543	5484	ou près de 1 $\frac{1}{4}$
5e.	5557526. . . .	3814	3608	ou plus de 0 $\frac{4}{5}$
6e.	276841. . . .	3680	15087	ou plus de 3 $\frac{2}{5}$
7e.	354453. . . .	3752	13322	ou près de 3
1er satellite d'Herschell.	515453,884261		4506	ou plus de 1
2e.	667057,967867		3945	ou près de 1
3e.	779649,267292		3662	ou plus de 0,$\frac{4}{5}$
4e.	893453,399386		3419	ou plus de 0,$\frac{3}{4}$
5e.	1786906,798772		2551	ou plus de 0,$\frac{1}{2}$
6e.	3573813,597544		1709	ou plus de 0,$\frac{1}{3}$

Les orbites des satellites d'Herschell sont dans un plan presque perpendiculaire à l'écliptique. On a observé que le second et le quatrième satellites d'Herschell sont rétrogrades : il en est peut-être de même des autres.

1880. La durée de la révolution périodique de la lune (1875) nous fait connoître son moyen mouvement, pour un temps quelconque donné, c'est-à-dire, le nombre de signes, de degrés, de minutes, etc. que parcourt la lune dans un temps donné. Voici ces nombres indiqués dans la table suivante, où le mouvement annuel est relatif à l'année sydérale (1804).

1881. *Table des moyens, mouvemens de la Lune.*

	MOYEN MOUVEMENT.						
	Sig.	Deg.	Min.	Sec.	Tier.	Quart.	Quint.
Annuel.	160	12	43	34	15	55	43½
Journalier	. . .	13	10	34	40		
Horaire.	. . .	. . .	32	56	27	00	
Pour une minute.	. . .	. . .	. . .	32	56	27	00
Pour une seconde.	. . .	. . .	. . .	. . .	32	56	27

1882. Il est aisé de connoître le moyen mouvement, soit annuel, soit journalier, des satellites, par la durée de leurs révolutions périodiques, comme nous venons de dire (1880) qu'on connoît celui de la lune. Ce moyen mouvement est indiqué par la table suivante.

1883. *Table des moyens mouvemens annuel et journalier, des Satellites de Jupiter et de Saturne.*

NOMS DES PLANÈTES.	MOYEN MOUVEMENT.							
	ANNUEL.				JOURNALIER.			
	Sig.	Deg.	Min.	Sec.	Sig.	Deg.	Min.	Sec.
1er satellite de Jupiter. . . .	3	23	26	40	6	23	29	20
2e.	9	11	46	25	3	11	22	29
3e.	10	5	3	15	1	20	19	3
4e.	10	13	27	20		21	34	16
1er satellite de Saturne . . .	4	4	35	15	6	10	41	51
2e.	4	10	10	25	4	11	32	5
3e.	9	16	57	5	2	19	41	25
4e.	10	20	35	5		22	34	37
5e.	7	6	29	30		4	32	18

1884. Dans la précédente table du moyen mouvement annuel des satellites, on a fait abstraction des révolutions entières, et l'on n'a mis que l'excédant de ces révolutions.

1885. Le lieu de l'apogée de la lune a un mouvement beaucoup plus considérable que celui du lieu de l'aphélie des planètes primitives (1810); car il fait le tour du ciel, ou achève sa révolution dans l'intervalle de 3231 jours 8 heures, ou 8 années communes 311 jours 8 heures, suivant *Cassini*. Ce qui donne son moyen mouvement annuel de 1 signe 10 degrés 39 minutes 52 secondes; et son moyen mouvement

journalier de 6 minutes 41 secondes, à fort peu de chose près.

1886. Le lieu des nœuds de la lune a un mouvement très-prompt, de même que le lieu de son apogée (1885); car il fait le tour du ciel, ou achève sa révolution dans l'intervalle de 6798 jours 7 heures, ou 18 années communes 228 jours 7 heures : ce qui donne son moyen mouvement annuel de 19 degrés 19 minutes 45 secondes; et son moyen mouvement journalier de 3 minutes 10 secondes, et environ 39 tierces. Mais ce mouvement des nœuds de la lune se fait contre l'ordre des signes et en rétrogradant, c'est-à-dire, d'orient en occident.

1887. Le lieu du nœud ascendant (1814) de chaque satellite de Jupiter et de Saturne a été déterminé, pour l'année 1750, par *Cassini*, comme on peut le voir dans la table suivante.

1888. *Table du lieu du Nœud ascendant des satellites de Jupiter et de Saturne, pour l'année 1750.*

NOMS DES PLANÈTES.	LIEU DU NŒUD ASCENDANT.		
	Sig.	Deg.	Min.
1er satellite de Jupiter.	10	14	30
2e.	10	11	48
3e.	10	16	3
4e.	10	16	6
1er satellite de Saturne.	5	22	
2e.	5	22	
3e.	5	22	
4e.	5	22	
5e.	5	5	

1889. Quant au moyen mouvement annuel de ces nœuds, il n'a pas paru sensible depuis le commencement de ce siècle. Il faut cependant en excepter celui des nœuds du quatrième satellite de Jupiter, qui a paru être de 5 minutes 35 secondes par année.

1890. Les satellites de Jupiter tournent fort vîte autour de cette planète (1875) : leur orbite est peu inclinée à celle de Jupiter (1869) ; et leur volume est très-petit en comparaison de celui de Jupiter. Il arrive de là qu'à chacune de leurs révolutions, ces satellites sont nécessairement plongés dans l'ombre de Jupiter, et par conséquent éclipsés : d'où il suit que leurs éclipses sont très-fréquentes. Et comme ces

éclipses, vu la grande distance à laquelle est Jupiter (1798), peuvent être apperçues au même instant de différens endroits de la terre, elles sont un moyen sûr et très en usage de conclure avec exactitude la différence des méridiens de ces différens lieux, et par conséquent le rapport de leur longitude.

1891. Il n'y a point de problême plus important que celui de la longitude, sur-tout pour la navigation. Ce problème se réduit à savoir quelle heure il est à l'endroit où l'on se trouve, et en même temps quelle heure il est à un autre lieu, dont la longitude est connue, par exemple, à Paris. Il est aisé de trouver l'heure qu'il est à l'endroit où l'on est, en observant la hauteur du soleil ou d'une étoile; et les observations des éclipses des satellites de Jupiter, apprennent l'heure qu'il est à Paris dans le moment qu'on les observe : la différence qui se trouve entre ces deux heures, donne le rapport des longitudes de ces deux lieux. Voilà pourquoi une horloge qui ne varieroit point, et qui seroit mise à l'heure du lieu du départ, indiqueroit à chaque instant la différence qu'il y auroit entre l'heure de ce lieu de départ, et l'heure du lieu où l'on se trouveroit, et donneroit par conséquent la longitude.

1892. Il est probable que les planètes secondaires ont, de même que les planètes primitives (1817), un mouvement de rotation sur leur axe, et qui se fait avec une vîtesse uniforme. La lune en a un, mais qui est très-lent, en comparaison de ceux des planètes primitives (1818) : il ne s'achève qu'en 27 jours 7 heures 45 minutes 11 secondes 56 tierces; et comme elle met précisément ce temps-là à faire sa révolution autour de la terre, relativement à un point fixe dans le

le ciel, il arrive de cet accord qu'elle nous présente toujours la même partie de sa surface. D'où il suit que la moitié de ses habitans, si elle en a, ne voient jamais la terre, à moins qu'ils ne voyagent.

1893. Nous avons dit ci-dessus (1859) que le diamètre de la lune est de 828 lieues : sa circonférence est donc de 2601 lieues plus 1060 mètres (544 toises), ou de 11561079 mètres (5931690 toises). Vu la lenteur de son mouvement de rotation sur son axe, chaque point de son équateur ne parcourt donc qu'environ 5 mètres (15 pieds) par seconde de temps, ce qui ne peut produire qu'une petite force centrifuge. Il est cependant vrai de dire que la lune ne tourne point sur son axe relativement à son orbite; car ce sont toujours les mêmes parties de la lune qui sont en dedans de la courbe, et toujours les mêmes parties en dehors.

1894. A l'égard du mouvement de rotation des satellites de Jupiter, de Saturne et d'Herschell, sur leur axe, on ne peut que le regarder comme très-vraisemblable; car on n'a pu jusqu'à présent s'en assurer, et encore moins en déterminer la durée.

Des Comètes.

1895. Les comètes sont des corps célestes, à-peu-près semblables aux planètes, qui, de même qu'elles (1758), ne sont point lumineux par eux-mêmes, et qui ne deviennent visibles que par la lumière qu'ils reçoivent du soleil, et qu'ils réfléchissent vers nous.

1896. Toutes les comètes tournent autour du soleil, par un mouvement qui leur est propre, dans des ellipses fort alongées et fort excentriques, mais

en suivant toujours les mêmes lois que les planètes; c'est-à-dire, que les aires triangulaires, terminées par les différens arcs de leur orbite qu'elles parcourent en différens temps, et par deux lignes droites tirées des extrémités de ces arcs au centre du soseil, sont proportionnelles aux temps employés à parcourir ces arcs (1762). De sorte que, bien loin de prendre, comme faisoient les anciens, les comètes pour des météores (970) formés de vapeurs et d'exhalaisons qui s'enflammoient dans la plus haute région de l'air, nous devons les regarder comme de vraies planètes, dont les mouvemens sont réglés au point que, quand on les a déjà observées deux fois, on peut prévoir leur retour, comme cela est arrivé pour celle qui a paru au commencement de l'année 1759, et que les astronomes reconnoissent pour n'être qu'une seule et même planète avec celle qui avoit déjà paru en 1531, 1607 et 1682 : de sorte que la durée de sa révolution périodique est d'environ 76 ans; d'où l'on doit conclure qu'elle reparoîtra vers l'année 1835.

1897. Le mouvement propre des comètes se fait, pour les unes, de l'occident vers l'orient, comme celui des autres planètes : pour d'autres, il se fait de l'orient vers l'occident et contre l'ordre des signes : pour certaines, il se fait le long de l'écliptique ou du zodiaque : pour d'autres enfin, il se fait dans un sens tout différent, et presque perpendiculaire à l'écliptique, c'est-à-dire, du nord au sud ou du sud au nord. De sorte que les orbites des comètes ne se se trouvent pas toujours renfermées dans l'étendue du zodiaque, comme le sont celles des autres planètes (1759); mais elles se portent souvent bien au-delà, vers différentes parties du ciel.

1898. Ces orbites étant très-alongées, et ayant, par conséquent, une fort grande excentricité, il arrive de là que les comètes, dans leur aphélie (1795), sont dans un très-grand éloignement du soleil. Aussi la lumière qu'elles en reçoivent alors, est très-foible; et elles sont trop éloignées de la terre pour que nous puissions les appercevoir : elles ne deviennent visibles pour nous que lorsqu'elles approchent de leur périhélie (1795). C'est la raison pour laquelle la durée de leur apparition est très-courte, en comparaison de celle pendant laquelle elles disparoissent. Soit ABPC (*fig.* 285) l'orbite très-alongée d'une comète, à l'un des foyers S de laquelle est placé le soleil : l'aphélie en A, le périhélie en P. La comète n'est visible pour nous que lorsqu'elle s'approche vers B, et pendant le temps qu'elle parcourt l'arc BPC de son orbite. Or, ce temps est considérablement plus court que celui qu'elle emploie à parcourir l'autre portion CAB de son orbite, pour deux raisons : premièrement, parce que l'arc BPC est un chemin beaucoup plus court que l'arc CAB; en second lieu, parce que les comètes, comme toutes les autres planètes, ralentissent d'autant plus leur marche, qu'elles s'éloignent davantage du soleil (1896); et qu'au contraire, elles l'accélèrent à mesure qu'elles s'en approchent. Il leur faut beaucoup moins de temps pour parcourir la portion BPC de lour orbite, qui est la seule visible pour nous, que pour en parcourir l'autre portion CAB.

1899. La partie la plus lumineuse d'une comète est assez ordinairement enveloppée d'une espèce d'atmosphère, qui jette une lumière moins brillante. Pour distinguer ces deux parties l'une de l'autre, on appelle la première le *noyau*; et la seconde, la *che-*

velure, en latin *coma*, d'où est venu le nom de *comète*, c'est-à-dire, *astre chevelu.*

1900. Il arrive souvent encore que la comète est accompagnée d'une traînée de lumière, qui est quelquefois très-longue L, et toujours opposée au soleil. C'est ce qu'on appelle sa *queue*. Les sentimens sont variés sur l'origine et la cause des queues des comètes. *Newton* attribue l'ascension et la direction des queues des comètes vers le côté opposé au soleil, à la légèreté des parties les plus ténues que le soleil, par sa chaleur, élève de leurs têtes et de leurs atmosphères, lorsqu'elles approchent de leur périhélie. Car, dit-il, comme dans notre air la fumée d'un corps brûlant ou échauffé se dirige toujours en en haut, ou perpendiculairement, s'il est en repos, ou obliquement et à côté, s'il se meut; de même dans le ciel, où les corps gravitent vers le soleil, les fumées et les vapeurs doivent monter en ligne droite, s'ils sont en repos, ou en ligne courbe et oblique, s'ils sont en mouvement. (Voyez *Princ. Math. de la Philos. nat. exposition abrégée du systême du monde, pag.* 115.) Effectivement les queues des comètes qui s'élèvent toujours du côté opposé au soleil, ont une sorte de courbure, dont la convexité est tournée du côté vers lequel la comète se meut. *De Mairan* attribue la formation des queues des comètes à la partie de l'atmosphère solaire, dont les comètes se sont chargées, et qu'elles ont entraînée avec elles en approchant de leur périhélie. (Voyez son *Traité physique et historique de l'aurore boréale, pag.* 354.)

Des mouvemens de la Terre, du Soleil et de la Lune; et des phénomènes qui en résultent.

1901. Les mouvemens, soit réels, soit apparens, du soleil, de la terre et de la lune, sont ceux qui nous intéressent le plus; parce que la terre est notre habitation, et que le soleil et la lune sont les astres qui nous éclairent. De plus, le cours apparent du soleil mesure les temps; il règle la durée des années, des jours, etc. Il anime tout ce qui vit et qui végète (1742). Ces trois corps méritent donc, de notre part, une attention particulière.

De la Terre.

1902. La terre est à-peu-près sphérique (213) son arrondissement ne nous permet de voir qu'une très-petite étendue de sa snrface; car, sur un espace uni, comme, par exemple, une mer calme, l'œil, élevé de 1949 millimètres (6 pieds) au-dessus du plan, ne peut appercevoir un objet placé sur le plan même, qu'à une distance de 4984 mètres (2557 toises), et pas plus loin; c'est-à-dire, qu'il ne peut voir que dans l'étendue d'un cercle qui a 9967 mètres (5114 toises) de diamètre. Mais la circonférence de ce cercle paroît toucher le ciel, auquel nous la rapportons : le plan de ce cercle, prolongé jusqu'au ciel étoilé, est-ce qu'on appelle l'*horizon*. Si l'observateur étoit placé au centre T (*fig.* 286) de la terre, l'horizon HH partageroit la sphère en deux parties égales : mais étant placé à la surface *a*, l'hémisphère supérieur et visible *h* Z *h* est plus petit que l'inférieur *h* N *h*, qui est invisible. On peut pourtant observer que le rayon de la terre T*a*,

(1699) étant infiniment petit, comparé au rayon du ciel étoilé TH ou TZ (1700) la différence entre ces deux horizons n'est presque pas sensible. Cependant, pour les distinguer l'un de l'autre, on appelle le premier, *horizon rationnel*, et l'autre, *horizon sensible.*

1903. La terre fait chaque jour un tour d'occident en orient sur un axe (1817) incliné au plan de l'écliptique d'environ 23 ½ degrés. C'est cette révolution journalière, que fait la terre sur son axe d'occident en orient, qui occasionne tous ces mouvemens journaliers apparens du soleil, des planètes et des étoiles fixes autour de la terre d'orient en occident.

1904. L'inclinaison de l'axe de la terre, d'environ 23 ½ degrés au plan de l'écliptique (1903), dans lequel plan est l'orbite de la terre; cette inclinaison, dis-je, est constante : de sorte que la terre, dans sa révolution annuelle autour du soleil (1802), maintient son axe dans une situation qui est toujours parallèle à elle-même; et pendant toute la durée de cette révolution, l'axe de la terre paroît répondre toujours au même point du ciel, au moins à fort peu de chose près. C'est au moyen de cette inclinaison de l'axe de la terre et de son parallélisme, qu'on explique d'une manière très-simple les changemens des saisons, comme nous le verrons ci-après (1936 *et suiv.*).

1905. Les mouvemens journaliers apparens des astres autour de la terre présentent des phénomènes différens, suivant le lieu de la terre où l'on est placé. On peut être placé sur la terre ou précisément sous l'équateur, ou entre l'équateur et l'un des poles, ou enfin précisément sous l'un des poles. Dans le

premier cas on a la sphère droite, dans le second on a la sphère oblique, et dans le troisième on a la sphère parallèle.

1906. La sphère droite est celle où les poles se trouvent dans l'horizon, et où l'équateur est perpendiculaire à l'horizon. Cette sphère n'a lieu que pour ceux qui habitent précisément sous l'équateur, c'est-à-dire, ceux qui n'ont aucune latitude. Soit AMBPA (*fig.* 287) le méridien; AB le diamètre de l'équateur; MP le diamètre de l'horizon, et l'axe sur lequel la terre tourne chaque jour; EC le diamètre de l'écliptique; ED le diamètre du tropique du Cancer; FC le diamètre du tropique du Capricorne; GI et KL les diamètres des cercles polaires; P le pôle nord, M le pôle sud, qui sont aussi les pôles de l'équateur et du monde; A le zénith; B le nadir. On voit que, dans cette position, les deux pôles P et M se trouvent dans l'horizon MP, et que l'équateur AB est perpendiculaire à l'horizon MP.

1907. Dans cette position de la sphère, on voit tous les astres, savoir, les étoiles, le soleil, la lune et les autres planètes, monter ou descendre perpendiculairement à l'horizon MP; c'est pourquoi on l'appelle *sphère droite*. Toutes les étoiles paroissent donc monter et descendre d'un mouvement commun, et décrire des demi-cercles au-dessus de l'horizon, et en faire autant au-dessous; ce qui forme des cercles entiers. Tous ces cercles sont parallèles entr'eux et à l'équateur AB; et ce sont eux qui ont fait imaginer les parallèles ou *cercles de latitude géographique* que l'on place sur les globes terrestres A.

1908. Dans la sphère droite, l'équateur AB et

tous ses parallèles, comme ED, FC, GI, etc. sont coupés, par l'horizon MP, en deux parties égales; d'où il suit que le soleil, qui ne sort jamais de l'écliptique EC (1757), et qui par conséquent se trouve toujours ou dans l'équateur ou dans l'un de ses parallèles, est, à chacune de ses révolutions diurnes, 12 heures au-dessus de l'horizon, et 12 heures au-dessous; ce qui rend les jours égaux aux nuits pendant toute l'année. Il en est de même des étoiles, de la lune, et des autres planètes: à chaque révolution diurne, elles sont autant de temps au-dessus de l'horizon qu'au-dessous.

1909. Dans la sphère droite, toutes les étoiles qui se sont levées en même temps, arrivent ensemble à leur plus grande hauteur, et se trouvent rangées d'un pôle à l'autre dans un demi-cercle PAM, qu'on nomme le *méridien:* tous les points de leur plus grand abaissement sous l'horizon, forment un autre demi-cercle MBP, qui fait, avec le premier, le cercle entier PAMBP. Le premier demi-cercle détermine midi, et l'autre, minuit. Le méridien se multiplie autant de fois qu'il y a de points à l'équateur. Ces cercles sont aussi tracés sur les globes terrestres, et on les nomme *cercles de longitude géographique.* Ils se comptent d'occident en orient: on est convenu de placer le premier à l'isle de Fer.

1910. Dans la sphère droite, le soleil passe deux fois l'année par le zénith A, savoir, le 30 ventôse (20 mars) et le 1er. vendémiaire (22 septembre), jours auxquels il décrit l'équateur AB; et, comme il ne sort jamais de l'écliptique EC (1757), il s'écarte, pendant tout le reste de l'année, à droite ou à gauche

de l'équateur A B, pour s'approcher tantôt du tropique du Cancer E D, tantôt du tropique du Capricorne F C. D'où il suit que dans la sphère droite, on a le soleil du côté du nord, et l'ombre du côté du midi pendant la moitié de l'année, savoir, depuis le 30 ventôse (20 mars) jusqu'au 1er. vendémiaire (22 septembre) : on a le soleil du côté du midi, et l'ombre du côté du nord pendant les six autres mois de l'année; et dans les deux jours des équinoxes, l'ombre disparoît totalement à l'heure de midi. La même chose arrive à la lune et aux autres planètes: pendant chacune de leurs révolutions périodiques, elles passent deux fois par le zénith A; et pendant la moitié de la durée de chaque révolution, elles se trouvent au nord de l'équateur, et pendant l'autre moitié au sud du même cercle. Cet écartement de part et d'autre de l'équateur se nomme *déclinaison*, laquelle se mesure par l'arc du méridien compris entre l'équateur et le centre de l'astre.

1911. Dans la sphère droite, toutes les étoiles du ciel paroissent successivement sur l'horizon dans l'intervalle de 23 heures 56 minutes 4 secondes, temps de la durée de la rotation de la terre sur son axe (1818) : au lieu que, dans les autres positions de la sphère, il y a toujours une partie des étoiles qui ne se lève jamais, et une autre partie qui ne se couche jamais.

1912. La sphère oblique est celle dans laquelle l'un des pôles est élevé au-dessus de l'horizon, et l'autre abaissé au-dessous, mais de façon que l'équateur et tous ses parallèles sont obliques à l'horizon. Cette sphère a lieu pour tous les pays de la terre qui

ne sont situés ni sous l'équateur, ni sous les pôles, c'est-à-dire, ceux qui ont une latitude, mais moindre que de 90 degrés. Soit ZHNOZ (*fig.* 288) le méridien; AB l'équateur; HO l'horizon; MP l'axe du monde ou de l'équateur, sur lequel la terre tourne; EC l'écliptique; ED le tropique du Cancer; FC le tropique du Capricorne; GI et KL les cercles polaires; P le pole nord; M le pole sud; Z le zénith; N le nadir. Dans cette situation, l'un P des pôles est élevé au-dessus de l'horizon HO, et l'autre pôle M est abaissé au-dessous; et l'équateur AB est, ainsi que tous ses parallèles, oblique à l'horizon HO, obliquité qui peut augmenter depuis la sphère droite (1906) jusqu'à celle où l'horizon et l'équateur sont dans le même plan. A Paris, par exemple, qui est à 48 degrés 50 minutes de latitude septentrionale, et où le pole nord P est par conséquent élevé de la même quantité, on a la sphère oblique.

1913. Dans la sphère oblique, tous les parallèles à l'équateur AB, tels que ED, *ed*, YO, FC, etc. sont coupés par l'horizon HO en deux parties inégales; et il n'y a que l'équateur AB qui soit coupé par l'horizon HO en deux parties égales. D'où il suit que, dans cette position, le jour n'est égal à la nuit que lorsque le soleil se trouve dans l'équateur AB, savoir, le 30 ventôse (20 mars) et le 1er. vendémiaire (22 septembre), jours des équinoxes : dans tout le reste de l'année, les jours sont ou plus longs ou plus courts que les nuits, parce que le soleil, qui ne sort jamais de l'écliptique EC (1757), décrit un des parallèles à l'équateur, tel, par exemple, que *a b* ou *g h*, qui sont tous coupés par l'horizon HO en deux parties inégales *a t* et *t b*, ou *g u* et *u h*.

1914. Dans les pays septentrionaux, tels que l'Europe, etc. on a les jours plus longs que les nuits, tant que le soleil est situé entre l'équateur A B et le pole nord P, ou, ce qui est la même chose, dans la moitié T E de l'écliptique; ce qui arrive depuis le 30 ventôse (20 mars) jusqu'au 1er. vendémiaire (22 septembre), pendant lequel temps le soleil paroît parcourir les six signes septentrionaux, qui sont le *Bélier*. le *Taureau*, les *Gémeaux*, le *Cancer*, le *Lion* et la *Vierge* (1719); car alors sa déclinaison (1910) est septentrionale, et il décrit un des parallèles placés au nord de l'équateur, tel que *a b* ou E D, qui ont leur plus grande portion *a t* ou E R au-dessus de l'horizon H O. Au contraire, ces pays ont les jours plus courts que les nuits, tant que le soleil est situé entre l'équateur A B et le pole sud M, ou dans l'autre moitié T C de l'écliptique; ce qui a lieu depuis le 1er. vendémiaire (22 septembre) jusqu'au 30 ventôse) 20 mars), pendant lequel temps le soleil paroît parcourir les six signes méridionaux, qui sont la *Balance*, le *Scorpion*, le *Sagittaire*, le *Capricorne*, le *Verseau* et les *Poissons* : car alors sa déclinaison est méridionale ; et il décrit un des parallèles placés au sud de l'équateur, tel que *g h* ou F C, qui n'ont que leur plus petite portion *g u* ou F S au-dessus de l'horizon H O.

1915. Dans les pays méridionaux, dans lesquels le pôle sud M est élevé au-dessus de l'horizon, on a, par les mêmes raisons, les longs jours, lorsque les pays septentrionaux ont les longues nuits, etc.

1916. Dans la sphère oblique, les portions des parallèles placées au-dessus de l'horizon sont d'autant plus grandes, relativement à leurs portions placées

au-dessous, c'est-à-dire, sont d'un nombre de degrés d'autant plus grand, que le parallèle est plus proche du pôle élevé. Or le tropique du Cancer E D est, de tous les parallèles que décrit le soleil, celui qui est le plus proche du pôle nord P : c'est pourquoi, dans les pays septentrionaux, le plus long jour de l'année est celui où le soleil décrit ce tropique, c'est-à-dire, le jour du solstice d'été. Par la même raison, la nuit la plus longue, pour les mêmes pays, est celle du solstice d'hiver, temps où le soleil décrit le tropique du Capricorne F C.

1917. Dans la sphère oblique, on a, comme dans la sphere droite, le jour égal à la nuit dans le temps des équinoxes, parce qu'alors le soleil décrit l'équateur A B, qui est toujours coupé en deux parties egales T A, T B, par un horizon quelconque, suivant la propriété des grands cercles de la sphère, qui passent tous par le centre, et y sont coupés de tous sens en deux parties égales.

1918. Dans la sphère oblique, les jours également éloignés du même solstice, sont égaux pour la même latitude : par exemple, à Paris, le 1[er] prairial (20 mai) et le 5 thermidor (23 juillet) le soleil se couche à la même heure, parce que sa déclinaison étant de 20 degres dans l'un de ces jours comme dans l'autre, il décrit le même parallèle *a b*, soit le 1[er] prairial (20 mai) en s'éloignant de l'équateur A B pour s'avancer vers le tropique du Cancer E D, soit le 5 thermidor (23 juillet) en se rapprochant de l'équateur, après le solstice d'été. Quand le soleil, au lieu d'avoir 20 degrés de déclinaison boréale, comme dans le cas dont nous venons de parler, a 20 degrés de déclinai-

son australe, et qu'il décrit le parallèle $g\ h$, ce qui arrive le 1er frimaire (21 novembre) et le 1er pluviôse (20 janvier) la longueur de la nuit est, à Paris, égale à la longueur du jour dans le premier cas; et la longueur du jour est la même qu'étoit celle de la nuit, quand le soleil décrivoit le parallèle semblable $a b$ au nord de l'équateur A B, parce qu'à 20 degrés de part et d'autre de l'équateur, les parallèles $a\ b$ et $g\ h$ sont égaux et également coupés par l'horizon H O, mais dans un ordre inverse.

1919. Dans la sphère oblique, on voit toutes les étoiles, ainsi que le soleil et les planètes, monter et descendre obliquement à l'horizon et parallèlement à l'équateur; de sorte que chacune de leurs révolutions se fait dans un cercle parallèle à l'équateur A B, et incliné de la même quantité que lui à l'horizon: tels sont les parallèles F C, E D, $e\ d$, Y O, G I, etc.

1920. On remarque, 1°. que, dans la sphère oblique boréale, celles de ces étoiles qui appartiennent à l'hémisphère septentrional A P B, décrivent, depuis leur lever jusqu'à leur coucher, des portions de cercle E R ou $e\ r$ d'un plus grand nombre de degrés, et par conséquent demeurent plus long-temps sur l'horizon H O, que ne font celles de l'hémisphère méridional A M B, qui ne décrivent au-dessus de l'horizon que les petites portions de cercle F S ou $f s$:

1921. 2°. Que ces différences vont en augmentant à proportion que ces étoiles décrivent des parallèles plus éloignés de l'équateur de part et d'autre; car la différence entre $e\ r$ et $f s$ est plus grande que celle qu'il y a entre $a\ t$ et $g\ u$:

1922. 3°. Qu'à latitudes égales, comme en E D et

en F C, celles de l'hmisphère septentrional demeurent autant de temps sur l'horizon H O, que celles de l'hémisphère méridional en passent dessous ; car E R est égal à S C :

1923. 4°. Que toutes les étoiles qui sont à une distance de l'équateur A B, vers le nord P, plus grande que le complément de l'élévation du pôle, c'est-à-dire, qui, à Paris, par exemple (où le pôle est élevé do 48 degrés 50 minutes) ; en sont éloignées de plus de 41 degrés 10 minutes, font leurs révolutions entières sur l'horizon, et ne se couchent jamais; telles sont toutes les étoiles situées entre le parallèle Y O et le pôle nord P : et qu'au contraire, celles qui s'écartent de l'équateur A B de plus de 41 degrés 10 minutes vers le sud M, telles que sont toutes les étoiles situées entre le parallèle H V et le pôle sud M, ne paroissent jamais sur l'horizon H O ; puisque les parallèles que décrivent ces dernières, se trouvent tous entiers au-dessous de l'horizon H O, tandis que les parallèles que décrivent les premières, sont tous entiers au-dessous. On a les mêmes apparences dans la sphère oblique australe, mais dans un ordre inverse.

1924. Quant aux planètes qui passent d'un hémisphère à l'autre en parcourant le zodiaque (1795), telles que la Lune, Mars, Jupiter, etc. les arcs qu'elles décrivent sur l'horizon, dans la sphère oblique boréale, sont plus grands que ceux qu'elles décrivent au-dessous, tant qu'elles sont au nord de l'équateur ; c'est le contraire quand elles sont au sud; c'est-à-dire, par exemple, que quand la lune a passé l'équateur A B, et qu'elle se trouve dans l'hémisphère septentrional, dans la moitié du Zodiaque dont la portion

TE de l'écliptique tient le milieu, elle est plus long-temps sur l'horizon que dessous (1914), et d'autant plus long-temps, qu'elle est plus avancée vers le tropique du Cancer ED (1916; c'est le contraire, et avec les mêmes proportions, lorsqu'elle est dans l'hémisphère méridional, dans la portion TC de l'écliptique.

1925. Deux pays qui sont situés à des latitudes égales, mais dont l'un E est au nord, et l'autre F au midi de l'équateur AB, ont des saisons toujours opposées : l'été de l'un fait l'hiver de l'autre (1939); le printemps du premier est l'automne pour le second: la raison en est que les portions des parallèles qui sont au-dessus de l'horizon du pays situé au nord, sont égales aux portions des parallèles qui sont au-dessous de l'horizon du pays situé au midi, si l'on prend les mêmes jours. En effet, puisque nous supposons les latitudes égales, la portion ER du parallèle qui est au-dessus de l'horizon du pays situé au nord, est égale à la portion SC du parallèle semblable qui est au-dessous de l'horizon du pays situé au midi : l'un de ces pays a donc la durée du même jour égale à la durée de la nuit de l'autre; et l'été a lieu pour l'un en même temps que l'hiver pour l'autre.

1926. Les pays situés sous le même parallèle, du même côté de l'équateur, ont toujours la même durée du jour et la même saison dans le même temps, à quelque distance qu'ils soient les uns des autres; parce qu'ayant la même hauteur du pôle, tous les parallèles y sont coupés de la méme manière par l'horizon. Ainsi *Naples* et *Pekin*, qui sont, à peu de chose près, à la même latitude du côté du nord, ont les mêmes

saisons, et à-peu-près la même durée du jour dans le même temps, quoiqu'à 2500 lieues l'un de l'autre.

1927. On voit que tout ce qu'il y a de particulier pour cette position de la sphère, résulte de la rotation diurne de la terre sur l'axe P M, et de l'obliquité de cet axe; ainsi que de l'équateur AB, à l'horizon HO. Car chaque point de la surface de la terre décrit un cercle d'occident en orient (1817), dans l'intervalle de 23 heures 56 minutes 4 secondes (1818); et tous ces cercles, qui ont un diamètre d'autant plus petit qu'ils sont plus près des pôles, sont parallèles à l'équateur, et inclinés, comme lui, à l'horizon (1912) : d'où doit résulter l'apparence du mouvement diurne des astres d'orient en occident, et avec le même degré d'obliquité (1919).

1928. La sphère parallèle est celle dans laquelle les pôles sont éloignés de 90 degrés de chaque côté de l'horizon; et où l'équateur est parallèle à l'horizon; ou plutôt où l'équateur même sert d'horizon. Cette sphère n'a lieu que pour deux points de la terre; savoir, pour les deux pôles, c'est-à-dire, pour les deux points de la terre qui ont 90 degrés de latitude. Soit PAMBP (*fig.* 289) le méridien; AB l'équateur et l'horizon; EC l'écliptique; MP l'axe sur lequel la terre tourne; ED le tropique du Cancer; FC le tropique du Capricorne; GI et KL les cercles polaires; P le pôle nord et le zénith; M le pôle sud et le nadir. Dans cette position, on voit que le pôle P est au zénith, c'est-à-dire, à 90 degrés de hauteur, et que l'équateur AB est confondu avec l'horizon. Tous les parallèles placés au nord de l'équateur ou dans l'hémisphère septentrional APB, sont tous entiers au-dessus de l'horizon AB; et tous les parallèles placés au

au sud de l'équateur, ou dans l'hémisphère méridional AMB, sont tous entiers au-dessous de l'horizon AB. De là résultent les phénomènes suivans.

1929. Dans la sphère parallèle, l'on ne peut voir qu'une moitié du ciel, et l'on voit constamment la même : les étoiles qui sont au-dessus de l'horizon AB, ne se couchent jamais, elles demeurent toujours à la même hauteur, tandis que celles qui sont situées dans l'autre hémisphère, ne paroissent jamais.

1930. Dans la sphère parallèle, un observateur placé debout seroit précisément sous le pole P, et tourneroit, comme sur un pivot, de droite à gauche, dans l'intervalle de 23 heures 56 minutes 4 secondes (1818). Mais comme ce mouvement, qui seroit très-uniforme et fort lent, ne changeroit rien au rapport qu'auroient avec lui les objets terrestres, il ne manqueroit pas de l'attribuer aux astres qu'il appercevroit dans le ciel, puisqu'il les verroit changer continuellement de position relativement à lui, et dans un sens opposé ; de sorte qu'il croiroit les voir tourner de gauche à droite autour de lui.

1931. Dans la sphère parallèle, les étoiles paroissent décrire des cercles entiers, tous parallèles entre eux et à l'horizon AB; parce que, dans cette position de la sphère, le zénith P, qui est le pole de l'horizon, se trouve être aussi celui du monde, sur lequel paroissent se faire tous ces mouvemens. D'où il suit que les étoiles qui sont plus élevées, comme en G, paroissent faire leurs révolutions dans de plus petits cercles, que celles qui sont moins élevées, comme en E ou en *a*; car le diamètre du cercle que décrivent les premières, est GI plus petit que ED ou *ab*, diamètres

des cercles que décrivent les dernières. Il en est de même du soleil, de la lune, et des autres planètes : lorsqu'ils décrivent le parallèle ED, ils font leur révolution dans un plus petit cercle, que lorsqu'ils décrivent le parallèle *ab*, ou l'équateur AB.

1932. Dans la sphère parallèle, l'année n'est composée que d'un jour et d'une nuit, chacun à-peu-près de 6 mois; car tant que le soleil est, par exemple, dans les signes septentrionaux (1914), situés dans la partie TE de l'écliptique; savoir, depuis le 30 ventôse (20 mars) jusqu'au 1er. vendémiaire (22 septembre), le pole boréal P est éclairé sans interruption; tous les parallèles que le soleil décrit chaque jour, depuis l'équateur AB jusqu'au tropique du Cancer ED, sont au-dessus de l'horizon : de sorte que le soleil paroît, toutes les 24 heures, tourner tout autour de l'horizon, sans sembler s'en approcher, ni s'en éloigner, et sans paroître changer de hauteur, du moins sensiblement, quoiqu'il le fasse réellement; ce qui ne s'apperçoit qu'au bout d'un certain temps. Mais dès que le soleil, après l'équinoxe de notre automne, passe dans les signes méridionaux, situés dans la partie TC de l'écliptique, tout le temps qu'il y demeure; savoir, depuis le 1er vendémiaire (22 septembre) jusqu'au 30 ventôse (20 mars), il ne reparoît plus sur l'horizon; les parallèles qu'il décrit, depuis l'équateur AB jusqu'au tropique du Capricorne FC, sont en entier dans l'hémisphère inférieur et invisible au pole boréal P (1929). Un observateur qui seroit placé sous le pole P, verroit donc le soleil circuler pendant environ 6 mois autour de lui, et seroit ensuite à-peu-près autant de temps sans le revoir.

1933. Les planètes faisant leurs mouvemens pro-

pres dans des orbites qui s'écartent peu du plan de l'écliptique EC (1793), se trouvent, de même que le soleil (1932), tantôt d'un côté de l'équateur AB, tantôt de l'autre : d'où il suit que, dans la sphère parallèle boréale, elles se trouvent au-dessus de l'horizon tout le temps qu'elles sont dans la moitié du Zodiaque, dont la portion TE de l'écliptique, tient le milieu, et au-dessous tout le temps qu'elles sont dans l'autre moitié du Zodiaque, répondant à l'autre portion TC de l'écliptique. Chacune d'elles, faisant donc, comme les étoiles (1931), des révolutions circulaires apparentes dans l'intervalle d'environ 24 heures, ne cesse pas d'être visible au point P pendant environ la moitié du temps qu'elle emploie à parcourir son orbite. La lune paroît donc au-dessus de l'horizon pendant environ $14\frac{1}{4}$ jours de suite; Mercure, pendant environ 6 semaines; Vénus, pendant environ $3\frac{1}{4}$ mois; Mars, pendant environ $11\frac{1}{2}$ mois; Jupiter, pendant environ 5 ans 11 mois; Saturne, pendant environ 14 ans $8\frac{1}{2}$ mois; et Herschell, pendant environ 41 ans 8 mois : après quoi chacune disparoît pour un temps à-peu-près égal à celui pendant lequel elle a paru.

1934. On a les mêmes apparences dans la sphère parallèle australe, qui a le pôle sud M à son zénith; ce qu'il est aisé de concevoir, en retournant la *fig.* 289.

1935. Dans la sphère parallèle, l'ombre d'un corps paroît tourner chaque jour, sans changer sensiblement de longueur: sa marche est sensiblement circulaire. De sorte que, pour y faire un cadran horizontal, il suffiroit de diviser un cercle en 24 parties égales, et placer à son centre un style vertical. Mais le point

de midi seroit indéterminé; et la méridienne deviendroit une chose de convention.

Des Saisons.

1936. Nous avons dit (1904) que l'inclinaison constante de l'axe de la terre au plan de l'écliptique et son parallélisme, occasionnent le changement des saisons. Un lieu quelconque a l'été, lorsque le soleil est à midi le plus près de son zénith qu'il est possible relativement à sa latitude; il a l'hiver, lorsque le soleil est à midi le plus loin de son zénith, etc. Or le changement des saisons consiste en ce que tous les pays de la terre, situés sous le tropique du Cancer, ou à 23 $\frac{1}{2}$ degrés de latitude septentrionale, voient le soleil passer par leur zénith à midi le jour de notre solstice d'été; et qu'au contraire tous les pays situés sous le tropique du Capricorne, ou à 23 $\frac{1}{2}$ degrés de latitude méridionale, aient le soleil à leur zénith à midi le jour de notre solstice d'hiver; et qu'enfin tous les pays situés sous l'équateur, voient le soleil passer par leur zénith à midi les deux jours des équinoxes. Pour que ces effets aient lieu dans le mouvement de la terre autour du soleil, il faut qu'elle soit placée de manière que le rayon solaire dirigé vers la terre tombe perpendiculairement sur le tropique terrestre du Cancer le jour de notre solstice d'été, sur le tropique terrestre du Capricorne le jour de notre solstice d'hiver, et sur l'équateur terrestre les deux jours des équinoxes. Or, pour que ces incidences des rayons solaires soient telles que nous venons de le dire, il suffit que l'axe de la terre soit incliné de 23 $\frac{1}{2}$ degrés au plan de l'écliptique, et que cet axe conserve son parallélisme pendant toute

la durée de la révolution annuelle de la terre autour du soleil.

1937. Soit S (*fig.* 290) le soleil; C et *c* deux points diamétralement opposés de l'orbe annuel de la terre; C, le point où elle se trouve vers le 3 messidor (21 juin); *c*, le point où elle se trouve vers le 1er nivôse (21 décembre); E F ou *e f*, le diamètre de l'équateur; C *c*, le diamètre de l'écliptique, dans laquelle est l'orbite de la terre, et où, par conséquent, se trouve toujours le rayon solaire; I H ou *i h*, le diamètre de l'écliptique tracée sur la terre; G H ou *g h*, le diamètre du tropique du Cancer; I K ou *i k*, le diamètre du tropique du Capricorne; P A au *p a*, l'axe de la terre; P ou *p*, le pôle nord; A ou *a*, le pôle sud. Si l'axe P A de la terre est incliné de manière que l'équateur E F fasse un angle de 23 ½ degrés avec le rayon solaire S C, c'est-à-dire, avec l'écliptique, le rayon solaire tombera perpendiculairement sur le point H de la terre, éloigné de l'équateur F de 23 ½ degrés, c'est-à-dire, que tous les pays de la terre, situés sous le parallèle dont G H est le diamètre, ou qui ont 23 ½ degrés de latitude septentrionale, en tournant sur l'axe P A, passeront ce jour-là, chacun à leur tour, au point H, et auront tous à midi le soleil à leur zénith, et par conséquent leur été. Et du soleil on verroit le pôle septentrional de la terre.

1938. Six mois après, la terre se trouvera de l'autre côté du soleil S, dans le point *c* de son orbite diamétralement opposé au point C (1937). Supposons donc (ce qui a réellement lieu) que l'axe *p a* soit parallèle à l'axe P A de la situation précédente,

en sorte qu'il soit incliné de la même quantité, du même sens et vers le même côté du ciel que celui vers lequel il étoit incliné six mois auparavant ; alors le rayon solaire S *i c*, au lieu de répondre au tropique du Cancer en *g*, comme dans le premier cas, tombera perpendiculairement en *i*, au tropique du Capricorne *i k* : de façon que tous les pays de la terre, situés sous le parallèle dont *i k* est le diamètre, ou qui ont 23 $\frac{1}{2}$ degrés de latitude méridionale, passeront ce jour-là successivement, et l'un après l'autre, au point *i*, en tournant autour de l'axe *p a*, et auront tous à midi le soleil à leur zénith, et par conséquent leur été. Et du soleil on verroit le pole méridional de la terre.

1939. Lorsque le rayon solaire S H répond au tropique du Cancer G H, et qu'il est perpendiculaire au point H (1937), tous les pays situés du côté du pole arctique P, ou dans l'hémisphère boréal de la terre, ont leur été, parce qu'ils reçoivent les rayons solaires le moins obliquement qu'il leur est possible, tandis que les pays situés dans l'hémisphère austral, ont leur hiver (1925) : mais moyennant le mouvement annuel de la terre autour du soleil (1731), le rayon solaire S *i*, répondant au tropique du Capricorne *i k*, et lui étant devenu perpendiculaire en *i*, tous les pays situés vers le nord, du côté du pole arctique *p*, ont leur hiver, parce qu'ils reçoivent les rayons solaires le plus obliquement qu'il leur est possible ; au lieu que les pays méridionaux, ou qui sont situés du côté du pole antarctique *a*, ont leur été.

1940. A l'égard du printemps et de l'automne,

on conçoit aisément qu'ils auront lieu dans le passage de l'hiver à l'été et de l'été à l'hiver : car l'axe P A ou *p a*, demeurant toujours parallèle à lui-même (1938), et le rayon solaire répondant toujours perpendiculairement à un des points de la circonférence du cercle dont I H ou *i h* est le diamètre; quand la terre, avançant dans son orbite, arrivera à 90 degrés des points C ou *c* (ce qui a lieu vers le 30 ventose (20 mars) et le 1er vendémiaire (22 septembre), le rayon solaire tombera perpendiculairement sur le point d'intersection C ou *c* de l'équateur E F ou *e f*, et de l'écliptique I H ou *i h*. D'où il est aisé de voir que ce sont l'inclinaison de l'axe de la terre au plan de l'écliptique et son parallélisme constans, qui occasionnent les changemens des saisons.

Du Soleil.

1941. Le soleil n'est pas toujours à égales distances de la terre : il en est plus éloigné de 1171468 lieues (1798), lorsqu'il est dans son apogée, que lorsqu'il est dans son périgée : il sembleroit donc que, dans ce dernier cas, sa chaleur devroit se faire sentir davantage. Cependant le froid de l'hiver et la chaleur de l'été ne viennent point uniquement de l'éloignement ou de la proximité du soleil, quoique cette cause y contribue : car en été le soleil est dans son apogée (1755), et en hiver dans son périgée. La chaleur de l'été vient de trois autres causes.

1942. 1°. De ce qu'en été les rayons solaires tombent moins obliquement sur la terre. Supposons un lieu, par exemple, Paris, placé en B à 48 degrés 50 minutes de latitude septentrionale; son zénith est en Z, et son horizon en N O : le 3 messidor (21

juin), le rayon solaire décrivant le tropique du Cancer G H (1937), l'observateur, placé en B, voit le soleil S élevé de $64\frac{2}{3}$ degrés : six mois après, le même observateur sera placé en *b* (1938); il aura son zénith en *z*, et son horizon en *n o* : le rayon solaire S *i*, décrivant alors le tropique du Capricorne *i k*, cet observateur ne verra le soleil élevé que de $17\frac{2}{3}$ degrés. Or on démontre en mécanique (482), qu'un corps qui agit perpendiculairement sur un autre, agit avec toute sa force; et que s'il agit obliquement, il agit avec d'autant moins de force que sa direction s'éloigne davantage de la perpendiculaire. Les rayons solaires, lancés en ligne directes, doivent suivre la même loi mécanique que les autres corps; et par conséquent leur action doit être mesurée par le sinus de l'angle d'incidence (483).

1943. 2°. De ce que les rayons solaires, tombant moins obliquement en été (1942), ont une moindre épaisseur d'air à traverser; car en été ils n'ont à traverser que l'épaisseur R B, bien moindre que celle *r b* qu'ils traversent en hiver : ils en sont donc moins affoiblis.

1944. 3°. De ce qu'en été le soleil demeure sur l'horizon plus long-temps que dessous : il a donc plus de temps pour échauffer la terre. C'est le contraire en hiver.

1945. Puisque le soleil est plus loin de nous l'été que l'hiver (1941), il s'ensuit que les peuples qui habitent l'hémisphère opposé au nôtre, c'est-à-dire, l'hémisphère austral, doivent avoir, toutes choses d'ailleurs égales, une plus grande chaleur que nous pendant leur été, et plus de froid pendant leur hiver. Car à ces trois causes que nous venons d'indi-

quer (1942, 1943, 1944), il faut ajouter, pour eux, la plus grande proximité du soleil pendant leur été, et le plus grand éloignement de cet astre pendant leur hiver.

1946. Nous avons déjà parlé plusieurs fois (1720, 1757, 1803, 1824, 1914; etc.) des 12 signes que parcourent les planètes dans leur révolution autour du soleil, et que le soleil lui-même paroît parcourir en vertu de la révolution de la terre autour de cet astre (1757). On a donné à ces 12 signes les noms des 12 constellations du zodiaque (1719): malgré cela, il ne faut pas les confondre au ciel avec les constellations dont ils portent le nom. Du temps d'*Hipparque*, c'étoit à-peu-près la même chose; chacune de ces constellations occupoit alors assez exactement celles des 12 divisions du zodiaque à laquelle elle avoit donné son nom. Mais aujourd'hui ce n'est plus cela; le signe du Bélier, qui est le premier, n'est autre chose que la première douzième partie, ou les 30 premiers degrés du cercle de l'écliptique, en partant de son point d'intersection avec l'équateur: mais la constellation du Bélier est un assemblage d'étoiles, qui, à la vérité, répondoit autrefois dans le ciel au même endroit que le signe du Bélier, mais qui est actuellement plus avancée d'environ 30 degrés ou de la valeur d'un signe : de sorte que la constellation du Bélier occupe aujourd'hui le signe du Taureau; la constellation du Taureau occupe le signe des Gémeaux, et ainsi des autres.

1947. Le premier point du zodiaque, ou, ce qui est la même chose, le premier point du signe du Bélier, est toujours au point d'intersection de l'équa-

teur avec l'écliptique : c'est aussi de ce point-là que l'on commence à compter la longitude des étoiles fixes (1732). Mais ce point du ciel, qui est celui où se fait l'équinoxe du printemps, recule tous les ans de 50 secondes et environ 20 tierces de degré : les étoiles fixes paroissent, en conséquence, avancer chaque année d'une semblable quantité, par un mouvement général et commun à toutes, qui se fait d'occident en orient, autour des poles de l'écliptique ; en sorte que leur longitude augmente chaque année de cette même quantité (1732).

1948. Ce mouvement général des étoiles fixes en longitude n'a rien de réel, il n'est qu'apparent ; et cette apparence vient de la rétrogradation des points équinoxiaux : laquelle rétrogradation est, disent les astronomes, produite par l'attraction du soleil et de la lune sur le sphéroïde applati de la terre; par laquelle attraction l'axe de la terre, supposé prolongé jusqu'au ciel, ou les poles de l'équateur terrestre parcourent, par un mouvément rétrograde ou d'orient en occident, autour des poles de l'écliptique, un cercle dont le diamètre est d'environ 47 degrés. Mais les poles de l'équateur ne peuvent pas rétrograder, que l'équateur ne rétrograde aussi ; car tous ses points sont toujours nécessairement éloignés de 90 degrés de ses poles : les points d'intersection de l'équateur avec l'écliptique ou les points équinoxiaux rétrogradent donc, par la même raison, chaque année, de 50 secondes et environ 20 tierces de degré.

1949. Il suit de là que si le soleil se trouve en conjonction avec une étoile au moment où il est au point de l'équinoxe, il doit, l'année suivante, rencontrer l'équinoxe avant d'être arrivé en conjonction avec la

même étoile. L'arrivée du soleil à l'équinoxe précède donc la fin de sa révolution, relativement à un point fixe dans le ciel : c'est pourquoi ce mouvement a été nommé *précession des équinoxes*. Voilà la raison pour laquelle la révolution apparente du soleil relativement à l'équinoxe, ou l'année solaire, est d'une plus courte durée que l'année sidérale (1757).

1950. Les étoiles fixes paroissent faire chaque jour un tour entier d'orient en occident autour de la terre (1730) : le soleil paroît aussi faire chaque jour le même tour (1756): mais le monvement diurne du soleil paroît plus lent que celui des étoiles fixes. Ces apparences sont causées par la rotation journalière de la terre sur son axe, qui s'achève en 23 heures 56 minutes 4 secondes (1818). Si la terre ne faisoit que tourner sur son axe; si, pendant qu'elle tourne ainsi, elle n'avançoit point dans son orbite, les mouvemens diurnes du soleil et des étoiles fixes seroient les mêmes : les étoiles qui auroient passé une fois au méridien avec le soleil, y passeroient toujours ; la nuit d'été et la nuit d'hiver offriroient les mêmes constellations pour le même lieu. Mais à cause du mouvement annuel de la terre d'occident en orient autour du soleil, par lequel elle avance dans son orbite de 59 minutes 8 secondes et environ 20 tierces par jour, le soleil paroît avancer de la même quantité et dans le même sens dans l'écliptique : ainsi, pendant que la terre T (*fig.* 276) avance dans son orbite de T en *d*, le soleil S lui paroît avancer au ciel de *e* en *f*, et les étoiles lui paroissent aller en sens contraire. De là il arrive que la terre étant en T quand l'étoile *e*, qui a passé au méridien en même temps que le soleil S, vient à y repasser, il s'en faut

d'une certaine quantité que le soleil n'y soit encore parvenu : il faut donc que la terre fasse, d'un jour à l'autre, un peu plus d'un tour sur son axe, pour rejoindre le soleil : les étoiles paroissent donc précéder de plus en plus le soleil ; ce qui fait paroître leur mouvement diurne plus prompt que celui du soleil.

1951. Ces petites portions de tour, que la terre fait chaque jour sur son axe de plus que son tour entier, pour rejoindre le soleil, étant ajoutées les unes aux autres, forment un demi-tour au bout de six mois, pendant lesquels les étoiles paroissent avoir parcouru la moitié de la circonférence du ciel : c'est ce qu'on appelle leur *mouvement annuel* (1731). De sorte que l'étoile *e*, qui, lorsque la terre étoit en T se trouvoit au méridien à midi, se trouve, six mois après, lorsque la terre est en *t*, au méridien à minuit. Car dans la position T de la terre, son côté *i*, qui étoit tourné vers le soleil S, est encore tourné vers le même astre dans la position *t*; puisqu'elle a fait sur son axe un demi-tour de plus que les tours entiers de chaque jour. Pendant les six mois suivans ; elle fait un autre demi-tour de plus ; ce qui forme un tour entier dont nous ne nous appercevons point. En effet, dans une année commune de 365 jours, ou de 365 fois 24 heures, il y a 366 fois 23 heures 56 minutes 4 secondes, qui est la durée de la rotation de la terre sur son axe (1818) ; et qui seroit la durée de notre jour, si la terre n'avoit que ce mouvement, et qu'elle ne tournât point dans son orbite. Mais comme elle emploie, par un terme moyen 3 minutes 56 secondes de plus que la durée de sa rotation sur son axe, pour rejoindre le soleil, cela forme notre jour moyen de 24 heures.

1952. Puisqu'une étoile qui est au méridien à midi, se trouve six mois après au même méridien à minuit (1951), il s'ensuit que toutes les étoiles qui, six mois auparavant, étoient à midi sur l'horizon d'un lieu, se trouvent alors à minuit sur l'horizon du même lieu. C'est en effet ce qui arrive exactement pour la sphère droite (1906). Dans la sphère oblique (1912), on voit successivement dans un an toutes les étoiles qui peuvent passer sur l'horizon. Et dans la sphère parallèle (1928), on voit toujours les mêmes étoiles; mais elles sont tantôt en conjonction, tantôt en opposition avec le soleil.

1953. Pendant que la terre fait sa révolution dans son orbite autour du soleil, elle voit le soleil répondre successivement à tous les points de l'écliptique. Lorsqu'elle est au point *h* (*fig.* 283) de son orbite, elle voit le soleil répondre au point F de l'écliptique; et pendant qu'elle parcourt la portion *haf* de son orbite, elle voit le soleil parcourir la moitié F C H de l'écliptique : pendant qu'elle parcourt l'autre portion *fch* de son orbite, elle voit le soleil parcourir l'autre moitié H A F de l'écliptique. Mais comme elle va moins vîte dans cette dernière portion *f c h* de son orbite (1839), elle voit le soleil plus long-temps dans la moitié H A F de l'écliptique, où sont placés les signes septentrionaux (1914), qu'elle ne le voit dans l'autre moitié F C H, où sont placés les signes méridionaux. La différence est de 7 à 8 jours.

De la Lumière zodiacale

1954. Le soleil est entouré d'une matière fluide rare et tenue, lumineuse par elle même, ou seulement éclairée par les rayons solaires, et qui forme à

cet astre une espèce d'atmosphère. Cette matière est en plus grande abondance et plus étendue autour de l'équateur du soleil, que partout ailleurs ; ce qui donne à l'atmosphère solaire une forme lenticulaire, dont le diamètre est dans le plan de l'équateur du soleil. Elle fut découverte le 18 mars 1683 (28 ventôse) par *Cassini*, qui continua de la voir jusqu'au 26 du même mois (6 germinal). C'est ce qu'on appelle la *lumière zodiacale*, parce qu'elle paroît en forme de ance ou de pyramide le long du zodiaque, dans lequel elle est toujours renfermée par sa pointe et par son axe, et paroît appuyee par sa base obliquement sur l'horizon.

1955. La lumière zodiacale est plus ou moins visible, selon que les circonstances nécessaires pour son apparition sont plus ou moins favorables. Une des circonstances les plus essentielles est que cette lumière ait une longueur suffisante sur le zodiaque, et qu'en même temps l'obliquité du zodiaque à l'horizon ne soit pas trop grande; car sans cela la clarté de la lumière zodiacale, qui est assez semblable à celle de la voie lactée, nous est entièrement dérobée par celle du crépuscule (1976), soit avant le lever du soleil, soit après son coucher.

1956. La lumière zodiacale paroît ordinairement sous la figure d'un cône ou d'une portion de fuseaux, ayant toujours sa base dirigée vers le corps du soleil, et sa pointe vers quelque étoile contenue dans le zodiaque. C'est ainsi qu'elle paroît le soir dans le printemps, et le matin en automne, sa pointe orientale se montrant le soir, et sa pointe occidentale le matin. On peut quelquefois voir ses deux pointes dans la

même nuit; savoir, vers les solstices, sur-tout vers celui d'hiver, lorsque l'écliptique fait, le soir et le matin, des angles à-peu-près égaux avec l'horizon, et assez grands pour laisser une partie considérable de la pointe du phénomène au-dessus de la ligne des crépuscules, de manière qu'elle puisse se montrer encore au-delà sur l'horizon. Le solstice d'été a le désavantage d'une plus grande obliquité de l'écliptique sur l'horizon, et, ce qui est encore plus nuisible, l'incommodité des plus longs crépuscules : or c'est tout le contraire au solstice d'hiver.

1957. Les observations du soir et du matin ne sauroient donc jamais nous faire appercevoir que les parties supérieures du phénomène, eu égard à l'horizon de l'observateur; car, à mesure que le globe du soleil monte et s'approche de l'horizon, ou bien avant qu'il soit descendu de plusieurs degrés au-dessous, le crépuscule devient, ou est encore trop fort pour nous permettre de le voir. C'est ce qu'il est aisé de comprendre par la figure suivante. Soit IKOA (*fig.* 291) la lumière zodiacale, et même dans une position des plus favorables pour être apperçue sur l'horizon HR; savoir, comme elle seroit vue à Paris, le soir, sur la fin du crépuscule, par exemple, vers le 10 ou 11 ventôse (dernier jour de février, ou le premier de mars), à la section du printemps; ou le premier point du Bélier, étant supposé en K, sur le plan de l'horizon HR, et le soleil étant en S, au dixième degré du signe des Poissons, sur la ligne ou sur le cercle finiteur CP des crépuscules, 18 degrés au-dessous de l'horizon. L'écliptique TKZ, qui se confond ici avec l'axe AZ de la lumière zodiacale, fait, avec l'horizon HR, un angle d'environ 64 degrés; et la pointe A de cette lumière

tombe entre les étoiles du cou et de la tête du Taureau, et se termine au dixème degré du signe des Gémeaux : d'où il suit que la distance AS de sa pointe au soleil est alors de 90 degrés. La ligne A S étant donc prise pour rayon ou sinus total, donne à-peu-près la mesure des autres dimensions de la lumière et du reste de la figure. Ainsi la largeur IO de cette lumière ou de sa base près de l'horizon sera, dans ce cas-là, de plus de 20 degrés, etc. le reste IDZLO de la matière qui le compose se trouvant nécessairement caché sous l'horizon HR; savoir, la partie IDLO de la moitié supérieure DLA, et toute la moitié inférieure DLZ.

1958. La même *figure* 291 représente encore la situation *a* Σ *z* que cette même lumière doit avoir, toutes choses d'ailleurs égales, le matin des mêmes jours, immédiatement avant le crépuscule, l'angle R*tz* de l'écliptique avec l'horizon étant d'environ 26 degrés; en imaginant seulement que le spectateur, qui avoit le soir le pole boréal B à sa droite, et le méridional M à sa gauche, s'étant tourné vers l'orient, aura au contraire le septentrion à sa gauche et le midi à sa droite; et l'inverse de tout cela, qu'on auroit, par exemple, en regardant la figure par-derrière à travers le jour, donnera l'apparence IKOA de la lumière zodiacale pour le matin en automne, vers le 22 ou 23 vendémiaire (13 ou 14 octobre), le soleil S étant au 20e degré du signe de la Balance, et le premier point de ce signe ou la section d'automne etant supposé en K sur le plan de l'horison HR. Il n'y auroit alors à changer que les étoiles correspondantes.

1959. On voit, par ce que nous venons de dire, que

que la lumière zodiacale ne sauroit se montrer sur l'horizon par sa portion qui environne de près le soleil, sans que la clarté du jour ou du crépuscule ne la fasse disparoître, ou du moins ne rende ses bords tout-à-fait incertains. Il n'y a que les éclipses totales de soleil (2029) qui puissent nous la montrer en quelque façon jusqu'à sa racine et dans sa partie la plus dense. Car on sait qu'en pareil cas, dès que le disque de la lune a entièrement caché celui du soleil, il paroît autour de la lune un limbre éclairé et une espèce de chevelure d'autant plus épaisse qu'elle approche davantage de ses bords.

1960. La lumière zodiacale doit se faire appercevoir plus aisément et plus souvent dans la zone torride, et sur-tout vers l'équateur, que dans les autres climats, 1°. parce que, dans ces contrées, l'obliquité du zodiaque à l'horizon est beaucoup moins grande; 2°. parce que les crépuscules y sont toujours de peu de durée.

De la Division du temps.

1961. Le soleil étant de tous les astres le plus aisé à observer pour nous, a servi à mesurer le temps. On sait qu'on le divise en siècles, années, mois, décades ou semaines, jours, heures, minutes, etc.

1962. On appelle un *jour* la durée pendant laquelle le soleil nous paroît faire une révolution entière autour de la terre d'orient en occident : c'est ce qu'on appelle *jour naturel* ou *astronomique*, qui s'étend du passage du centre du soleil au plan du méridien d'un lieu à l'instant auquel le centre du même astre est retourné au même méridien, après une révolution entière. La durée de ce jour est plus

longue que celle de la rotation de la terre sur son axe (1818), laquelle rotation est cependant la cause première de la révolution journalière apparente du soleil autour de la terre (1903). La raison en est qu'en vertu de la révolution annuelle de la terre dans son orbite, le soleil paroît avancer chaque jour d'une certaine quantité dans l'écliptique ; ce qui exige que la terre fasse, d'un jour à l'autre, un peu plus d'un tour sur son axe pour rejoindre le soleil (1950). A chaque révolution journalière, le soleil retarde donc un peu ; mais pas toujours d'une égale quantité, parce que la terre, qui, en avançant dans son orbite, cause ce retardement, y va tantôt plus, tantôt moins vîte (1762). C'est ce qui a donné lieu à cette distinction : *jour civil* ou *moyen*, et *jour astronomique* ou *véritable.* Le jour civil est celui qui est toujours d'une égale durée, et le jour astronomique est celui dont la durée est tantôt plus, tantôt moins longue.

1963. Pour concevoir la différence qu'il y a entre le jour civil et le jour astronomique, il faut considérer que le jour astronomique ou véritable est mesuré par le retour du soleil au méridien, qui est composé de sa révolution entière dans l'équateur ou dans l'un de ses parallèles, qui est de 360 degrés, et qui se fait dans 23 heures 56 minutes 4 secondes, plus dans l'arc de l'équateur ou de ce parallèle qui répond au vrai mouvement journalier du soleil sur l'écliptique, lequel arc est tantôt plus et tantôt moins grand (1962).

1964. A l'égard du jour civil ou moyen, qui doit être d'une égale durée pendant tout le cours de l'année, il est mesuré par la révolution entière du soleil dans l'équateur ou l'un de ses parallèles, qui est de

360 degrés, et qui se fait dans 23 heures 56 minutes 4 secondes, plus dans l'arc de l'équateur ou de ce parallele, qui répond au moyen mouvement journalier du soleil sur l'écliptique, lequel arc est de 59 minutes 8 secondes 20 tierces de degré (1808), et qui, pour être parcouru, exige 3 minutes 56 secondes de temps moyen, ce qui forme la durée du jour moyen de 24 heures moyennes, qui sont celles que marque une horloge bien réglée. Au lieu qu'une heure vraie est le temps que le soleil met à parcourir 15 degrés de l'équateur ou de l'un de ses parallèles.

1965. Cette différence entre les heures vraies et les heures moyennes a donné lieu à cette distinction : *temps vrai, et temps moyen.* Le temps moyen est celui qui est composé d'heures, toutes d'une égale durée, d'heures qui tiennent le milieu entre les heures vraies les plus longues et les heures vraies les plus courtes : c'est pourquoi on les a nommées *heures moyennes.*

1966. Le temps vrai est celui qui est mesuré par le chemin réel que le soleil paroît parcourir sur l'équateur ou l'un de ses parallèles : or la durée de ce temps n'est pas toujours égale pour le même nombre de degrés : le retour du soleil au méridien est donc plus ou moins retardé (1962), pour trois raisons. 1°. La terre, suivant la troisième loi de Kepler (1762), ne parcourt pas des portions égales de son orbite dans des temps égaux ; elle va tantôt plus vîte et tantôt plus lentement, et en conséquence, le soleil nous paroît avancer plus ou moins dans l'écliptique : dans le premier cas, cela alonge la durée du jour, parce qu'alors la terre, pour rejoindre le soleil, doit ajouter, à son tour entier sur son axe, une plus grande

portion de tour (1962). Dans le second cas, par la raison contraire, cela diminue la durée du jour. 2°. C'est sur l'équateur ou sur ses parallèles, qui sont les cercles que le soleil nous paroît décrire chaque jour, que se prennent les mesures du temps vrai; quinze degrés de ces cercles équivalent à une heure. Mais l'obliquité de l'écliptique, par rapport à l'équateur (1903) est cause qu'à des arcs égaux de l'écliptique, pris à des distances inégales de l'équateur, ne répondent pas des arcs égaux de l'équateur. 3°. L'orbite de la terre étant une ellipse dont le soleil occupe un des foyers (1760), les portions de l'écliptique que le soleil nous paroît parcourir, ne sont pas égales aux portions que la terre parcourt dans son orbite. Ces trois causes, qui se combinent différemment, concourent quelquefois toutes ensemble à produire le même effet; d'autres fois elles se contrebalancent en partie : c'est pourquoi, non seulement les durées des différens jours sont différentes entr'elles, mais encore les différences de ces durées varient chaque jour.

1967. Le temps vrai ne coïncide avec le temps moyen que quatre fois dans l'année; savoir, le 25 germinal, le 27 prairial, le 13 fructidor et le 3 nivôse (le 14 avril, le 15 juin, le 30 août et le 23 décembre). Il suit de là, qu'en supposant une pendule parfaitement réglée, qui marquera midi le 25 germinal (le 14 avril) au moment où le centre du soleil sera dans le méridien, cette pendule ne doit marquer la même heure que le soleil, que les quatre jours que nous venons d'indiquer : tous les autres jours, elle doit marquer des heures différentes; et c'est cette différence du temps vrai au temps moyen que l'on appelle *équation du temps.*

1968. Nous venons de voir (1964) que la durée de chaque jour est de 24 heures; mais on donne le nom de *jour artificiel* à la durée de la présence du soleil sur l'horizon; et l'on nomme *nuit*, le temps pendant lequel le soleil demeure sous l'horizon. Le jour artificiel n'est pas d'une égale durée partout, ni dans tous les temps; cette durée varie suivant les différens climats et les différentes saisons.

1969. La durée du jour artificiel est toujours exactement de 12 heures pour ceux qui habitent précisément sous l'équateur, et qui sont dits avoir la sphère droite (1908); parce que, dans cette position, l'équateur et tous ses parallèles, que le soleil paroît décrire, sont coupés par l'horizon en deux parties égales.

1970. La durée du jour artificiel est de 6 mois, pour les habitans des poles, s'il y en a, et qui sont dits avoir la sphère parallèle (1932); parce que de tous les parallèles que le soleil paroît décrire, les uns sont tout entiers au-dessus de l'horizon, et les autres tout entiers au-dessous, et il y en a autant d'un côté que de l'autre; de sorte que, dans cette position, il n'y a qu'un seul jour dans l'année.

1971. La durée du jour artificiel varie continuellement, pour les habitans de la terre qui sont placés entre l'équateur et les poles, et qui sont dits avoir la sphère oblique (1913 *et suiv.*). Cette durée n'est exactement de 12 heures, que lorsque le soleil est dans l'un des deux points d'intersection de l'équateur et de l'écliptique (1940); dans tous les autres temps, elle est ou plus grande ou plus petite. Pour ceux qui habitent entre l'équateur et le pole septen-

trional, elle va toujours en augmentant, à mesure que le soleil s'avance de l'équateur vers le tropique du Cancer; ce qui arrive après l'équinoxe de notre printemps; et elle va, au contraire, en diminuant, à mesure que le soleil s'avance de l'équateur vers le tropique du Capricorne; ce qui arrive après l'équinoxe de notre automne. C'est tout le contraire pour ceux qui habitent entre l'équateur et le pole méridional. De sorte que, dans cette position, il n'y a dans l'année que deux jours d'équinoxe, c'est-à-dire, deux jours égaux aux nuits, parce que l'équateur est seul coupé par l'horizon en deux parties égales, et que tous ses parallèles sont coupés en deux parties inégales. Il y a même, vers les poles, des climats où quelques-uns de ces parallèles sont tout entiers au-dessus de l'horizon, et quelques autres tout entiers au-dessous, mais placés obliquement à l'horizon.

1972. Telle est la durée du jour artificiel pour les différens habitans de la terre, si l'on n'a égard qu'à la présence réelle du soleil sur l'horizon; mais il y a une cause qui alonge la durée de cette présence; et cette cause est la réfraction (1278), qui fait que nous voyons le disque du soleil, à son lever et à son coucher, au-dessus de l'horizon, pendant qu'il est entièrement au-dessous. Supposons T (*fig.* 292) la terre; *tz*, l'épaisseur de l'atmosphère; S, le soleil placé au-dessous de l'horizon H *h*; le rayon S *c*, partant de cette astre, et arrivant à la surface *c* de l'atmosphère, laquelle a plus de densité que le fluide éthéré d'où sort le rayon, se réfracte au point *c*, en s'approchant de la perpendiculaire *pp*, et se rend en *t*, où est placé l'observateur, lequel voit le soleil dans la direction *ts*, qui est celle de l'extrémité du rayon qui est entré

dans son œil : il voit donc cet astre plus près du zénith Z, qu'il ne l'est réellement.

1973. Mais comme la densité de l'atmosphère n'est pas la même partout, et qu'elle va en augmentant en approchant de la terre, le rayon D *a*, par exemple, doit souffrir plusieurs réfractions successives, et arriver à l'observateur *t* par la courbe *a b e t*. Et si la ligne droite *t d* est la tangente de cette courbe au point *t*, l'observateur voit l'astre en *d* plus élevé au-dessus de l'horizon que ne l'est D, lieu vrai de l'astre.

1974. L'effet de la réfraction, pour le climat de Paris, nous fait paroître le soleil, lorsqu'il est à l'horizon, plus haut de 32 ou 33 minutes de degré qu'il ne l'est réellement; d'où il suit qu'il paroît tout entier au-dessus de l'horizon, quoiqu'il soit encore tout entier au-dessous (1751).

1975. Nous venons de dire (1968) qu'on appelle *jour artificiel*, le temps pendant lequel le soleil paroît au-dessus de l'horizon. Mais si l'on vouloit donner ce nom à tout le temps pendant lequel nous appercevons de la lumière, la durée du jour artificiel seroit très-alongée par les crépuscules.

1976. On appelle *crépuscule* la lumière que le soleil répand dans l'atmosphère quelque temps avant son lever et quelque temps après son coucher. Il y a donc le crépuscule du matin, communément appelé *aurore*, et le crépuscule du soir. On remarque que l'un de ces crépuscules commence à s'appercevoir le matin, du côté de l'orient, lorsque le soleil est encore à 18 degrés au-dessous de l'horizon, et que l'autre ne disparoît totalement, vers le couchant, que lorsque

le soleil est descendu d'environ 18 degrés au-dessous de l'horizon. Ainsi l'arc de 18 degrés marque l'abaissement du cercle crépusculaire, c'est-à-dire, d'un cercle parallèle à l'horizon, auquel commencent et finissent les crépuscules. Mais il faut remarquer que cet arc de 18 degrés doit être pris sur un cercle vertical, c'est-à-dire, sur un grand cercle que l'on imagine passer par le Zénith, et couper perpendiculairement l'horizon.

1977. La lumière du crépuscule du matin va toujours en augmentant de plus en plus, depuis le moment où elle commence à se faire appercevoir jusqu'au lever du soleil; et celle du crépuscule du soir va toujours en diminuant, depuis le coucher du soleil jusqu'au moment où elle disparoît totalement. Cette lumière est produite par la dispersion des rayons solaires dans l'atmosphètre terrestre, qui les réfracte et les réfléchit de toutes parts. Pour bien entendre ceci, soit T (*fig.* 293) la terre; A A A son atmosphère; H H l'horizon; C C C le cercle vertical sur lequel se mesure l'abaissement du soleil; S le soleil au-dessous de l'horizon, ou avant son lever, ou après son coucher. Les rayons solaires S*s*, S*s*, S*s*, S*s*, sont dirigés vers les points B, B, B, B; ils suivroient cette direction sans la rencontre de l'atmosphère, qui, ayant plus de densité que la matière éthérée qui est au-dessus, et se présentant obliquement à ces rayons, les réfracte (1280)) en les obligeant de se rapprocher de la perpendiculaire à sa surface; de sorte qu'en suivant les loix de la réfraction (1287 *et suiv.*), ils se courbent vers *t*, *t*, *t*, *t*, et font ainsi sentir leur lumière. A mesure que le soleil descend de plus en plus au-dessous de l'horizon, il arrive moins de

rayons solaires vers cette partie de l'atmosphère, ou bien ils ne s'y courbent pas assez pour arriver jusqu'à la surface de la terre. Voilà pourquoi cette lumière va toujours en diminuant, et disparoît enfin entièrement lorsque le soleil est abaissé de 18 degrés au-dessous de l'horizon.

1978. Il suit de ce que nous avons dit ci-dessus (1976), que la durée des crépuscules ne doit pas être égale pour tous les lieux de la terre, ni même pour le même lieu dans les différentes saisons, puisque dans certains lieux et dans certains temps, le soleil monte et descend perpendiculairement à l'horizon, tandis que, dans d'autres, son ascension et sa descente sont obliques, et d'autant plus obliques que sa déclinaison (1910) est plus grande; auquel cas il lui faut plus de temps pour monter ou descendre d'une quantité égale à 18 degrés pris sur un cercle vertical.

1979. Or, comme le soleil paroît parcourir par heure 15 degrés de l'équateur ou d'un de ses parallèles (1907), on doit conclure que la durée des crépuscules est d'une heure 12 minutes pour les endroits de la terre où le soleil monte et descend perpendiculairement à l'horizon, comme cela arrive au temps des équinoxes pour ceux qui habitent sous l'équateur, ou, ce qui est la même chose, qui ont la sphère droite (1907), cette durée augmentant à mesure que le soleil s'éloigne de plus en plus de l'équateur, ou prend plus de déclinaison.

1980. On doit conclure aussi que, pour ceux qui habitent entre l'équateur et l'un des poles, c'est-à-dire, pour ceux qui ont la sphère oblique (1912), la durée des crépuscules en été est d'autant plus grande, que le

pole est plus élevé au-dessus de l'horizon, ou, ce qui est la même chose, que le lieu qu'ils habitent a plus de latitude; de sorte que si la latitude de ce lieu est telle que le soleil, à minuit, soit descendu de moins de 18 degrés au-dessous de l'horizon, comme cela est dans le climat de Paris, au commencement de messidor (à la fin de juin), le crépuscule du soir n'est pas fini lorsque celui du matin commence, et il n'y a point de nuit close pendant ce temps-là.

1981. Il suit encore de là que, pour ceux qui habiteroient précisément sous l'un des poles, c'est-à-diere, qui auroient la sphère parallèle (1928), le crépuscule doit se faire appercevoir près de deux mois avant que le soleil paroisse sur leur horizon, et qu'il doit durer encore autant de temps après que le soleil s'est couché pour eux. Dans la sphère parallèle, il n'y a donc dans l'année qu'environ deux mois de nuit close; encore, pendant ces deux mois, a-t-on deux fois la présence de la lune sur l'horizon, pendant 14 $\frac{1}{4}$ jours à chaque fois.

1982. Le jour astronomique (1962) commence à midi du temps vrai (1966), c'est-à-dire, à l'instant où le centre du soleil est au méridien, et finit au moment où ce même centre, après une révolution entière, arrive au même méridien. En astronomie, on est en usage de compter les 24 heures de suite d'un midi à l'autre; de sorte qu'à 1 heure après minuit, au lieu de recommencer à compter par 1, on va de suite, et l'on compte 13 heures; à 2 heures après minuit, on compte 14 heures, et ainsi des autres, jusqu'à 24 heures.

1983. A l'égard du jour civil (1964), toutes les

nations n'en ont pas placé le commencement dans le même instant. Les Babyloniens commençoient à compter le leur du lever du soleil; de sorte que c'étoit alors que commençoit la première heure de leur jour. Les Juifs et les Athéniens le comptoient du coucher du soleil, ce qui est encore aujourd'hui en usage parmi les Italiens. Ces deux époques sont assez incommodes, puisqu'elles varient tous les jours. Tous les autres États catholiques commencent leur jour à minuit.

1984. Sept jours composent une semaine : les noms de ces jours viennent de ceux des principales planètes auxquelles les anciens astronomes les avoient consacrés. Ainsi, le *samedi*, qui étoit chez eux le premier, étoit consacré à *Saturne*; le *dimanche*, au *Soleil*; le *lundi*, à la *Lune*; le *mardi*, à *Mars*; le *mercredi*, à *Mercure*; le *jeudi*, à *Jupiter*; et le *vendredi*, à *Vénus*.

1985. Mais on voit que les anciens, en nommant ainsi les jours de la semaine, n'avoient pas suivi la disposition des orbes des planètes; car regardant, comme ils le faisoient, la terre comme immobile au centre de l'univers, et tous les astres tournant chaque jour autour d'elle, ils rangeoient les planètes suivant cet ordre : Saturne, Jupiter, Mars, le Soleil, Vénus, Mercure et la Lune (1689). Si donc ils avoient suivi cet ordre, comme cela paroissoit naturel, en donnant à chaque jour de la semaine le nom d'une des planètes, ces jours auroient été disposés de la manière suivante: Samedi, jeudi, mardi, dimanche, vendredi, mercredi, lundi. Qu'est-ce donc qui les a déterminés à les ranger tout autrement? Voici ce qu'on peut répondre à cette question.

1986. Les anciens ayant mis non-seulement les jours, mais même les heures de chaque jour sous la domination de quelque planète, il est naturel de penser que chaque jour prenoit le nom de la planète qui commandoit à sa première heure. De cette façon, ce qui nous paroît une sorte de dérangement, sera un ordre très-réglé; car on aura appelé le jour de Saturne, qui est notre samedi, celui dont la première heure étoit sous la domination de Saturne; les six heures suivantes se trouvant sous la domination des six autres planètes, la huitième heure, la quinzième et la vingt-deuxième, revenoient encore, en suivant toujours le même ordre, sous le pouvoir de Saturne; la vingt-troisième, sous celui de Jupiter; et la vingt-quatrième, sous la domination de Mars. La première heure du jour suivant, qui est notre dimanche, se trouvoit donc commandée par le Soleil, qui lui donnoit son nom, ainsi qu'au huitième, quinzième et vingt-deuxième; la vingt-troisième étant soumise à Vénus, et la vingt-quatrième à Mercure. La première du troisième jour, qui est notre lundi, étoit donc sous le pouvoir de la Lune, et ainsi des autres.

1987. On peut donc voir tout d'un coup l'arrangement actuel des jours de la semaine, en prenant les planètes de façon qu'on en laisse toujours deux entre celles qu'on fait suivre immédiatement, c'est-à-dire, qu'on passe de la première à la quatrième, après quoi de la quatrième à la septième, retournant ensuite de la septième à la troisième, etc. comme on le voit ci-après.

1 Saturne.	1 Samedi.	1 Saturne.	Samedi.
2 Jupiter.	6 Jeudi	4 Le Soleil.	Dimanche.
3 Mars.	4 Mardi.	7 La Lune.	Lundi.
4 Le Soleil.	2 Dimanche.	3 Mars.	Mardi.
5 Vénus.	7 Vendredi.	6 Mercure.	Mercredi.
6 Mercure.	5 Mercredi.	2 Jupiter.	Jeudi.
7 La Lune.	5 Lundi.	5 Vénus.	Vendredi.

Dans l'année républicaine française, on ne compte point par *semaine*, mais par *décade*, et les jours qui la composent sont nommés suivant leur ordre numérique 1, 2, 3, etc. jusqu'à 10; en conséquence, le 1er. est nommé *primedi*; le 2e, *duodi*; le 3e, *tridi*; le 4e, *quartidi*; le 5e, *quintidi*; le 6e, *sextidi*; le 7e, *septidi*; le 8e, *octidi*; le 9e, *nonidi*; et le 10e, *décadi*. Trois décades composent un mois : il y a donc dans l'année 12 mois, auxquels on ajoute 5 jours complémentaires, et six dans les années sextiles.

1988. Quatre semaines plus 2 jours et environ $\frac{7}{14}$ composent un mois solaire moyen, qui est le temps pendant lequel le soleil nous paroît parcourir un signe ou la douzième partie du Zodiaque.

1989. Douze mois composent une année, qui est le temps que la terre emploie à faire une révolution entière dans son orbite (1802), pendant lequel temps le soleil nous paroît parcourir les douze signes du Zodiaque. On voit, par la durée que nous avons assignée à chaque mois (1988), que l'année est composée de 365 jours et environ $\frac{1}{4}$. On ne l'avoit d'abord évaluée qu'à 365 jours; mais comme, tandis que la terre fait une révolution entière dans son orbite, elle fait, relativement au soleil, 365 tours et à-peu-près $\frac{1}{4}$ sur son axe, ce qui compose l'année de 365 jours et environ 6 heures, on reconnut assez promptement que les équinoxes reculoient tous les 4 ans d'un jour, à

peu de chose près. Pour remédier à cet inconvénient, on convint d'employer ces 6 heures excédantes, en faisant tous les 4 ans une année composée d'un jour de plus que les autres; de sorte que cette quatrième année est de 366 jours.

1990. Les années de 365 jours sont nommées *années communes;* et celle de 366 jours est appelée *année bissextile,* parce que le jour ajouté à cette quatrième année, a été placé immédiatement avant le 24 février (6 ventôse), qui, suivant la manière de compter des Romains, étoit le *sixième* avant les kalendes de Mars : il y a donc cette année-là *deux fois ce sixième;* c'est pourquoi ce jour intercallé, qui devient lui-même alors le 24 février, a été nommé *bis sexte;* et l'année dans laquelle il se trouve, s'appelle, pour cette raison, *bissextile.*

1991. L'année n'est pas tout-à-fait de 365 jours 6 heures, mais seulement de 365 jours 5 heures 48 minutes 45 $\frac{1}{2}$ secondes (1802). On employoit donc tous les ans, en ajoutant le bis-sexte à la quatrième année, 11 minutes 14 $\frac{1}{2}$ secondes de trop. Cette quantité, quoique très-petite, étant répétée pendant un grand nombre d'années, devint enfin très-considérable; de sorte que, vers la fin du seizième siècle, sous le pontificat de *Grégoire* XIII, les équinoxes se trouvoient avancées de 10 jours; c'est-à-dire, que l'équinoxe du printemps, au lieu de tomber au 20 mars, tomboit au 10 du même mois. Cet avancement, qui auroit toujours été en augmentant, si l'on n'y eût pas remédié, auroit pu causer beaucoup de dérangement dans l'office ecclésiastique. C'est pourquoi Grégoire XIII, après avoir consulté d'habiles astronomes, fit retrancher ces 10 jours. Et afin de prévenir les erreurs que l'avenir auroit infailliblement

causées, après avoir calculé que ce qu'on employoit de trop chaque année, formoit un jour entier au bout d'environ 133 ans, on convint d'omettre trois bis-sextes dans le cours de 400 ans. C'est là ce qu'on appelle la *réforme du calendrier*. Cet arrangement a déjà eu lieu, puisque l'année 1700 n'a point été bissextile : les années 1800 et 1900 ne le seront pas non plus; mais l'année 2000 le sera, et ainsi de suite.

1992. Comme les 11 minutes $14\frac{1}{2}$ secondes, que l'on emploie de trop chaque année, composent un jour au bout de 128 ans au lieu de 133, cela fera un jour d'erreur au bout de 5200 ans, c'est-à-dire, vers l'an 4800. Il faudra donc alors retrancher un bis-sexte de plus.

De la Lune.

1993. La lune est de toutes les planètes celle qui est la plus proche de la terre, et qui a, par rapport à elle, le mouvement le plus prompt, puisque sa révolution autour de la terre s'achève dans l'intervalle de moins d'un mois (1875 et 1876); pendant lequel temps elle se trouve une fois en conjonction (1825) avec le soleil, et une fois en opposition (1826).

1994. Tandis que la terre parcourt un peu moins de la douzième partie de son orbite, ou un peu moins d'un signe du Zodiaque, la lune fait une révolution entière autour d'elle; elle parcourt par conséquent le Zodiaque (1719) entier en moins d'un mois; d'où il suit qu'elle va et revient en pareil temps d'un tropique à l'autre, en passant deux fois sur l'équateur, et qu'elle a une déclinaison (1910) tantôt septentrionale, tantôt méridionale, laquelle est plus ou

moins grande, suivant qu'elle est plus ou moins éloignée de l'équateur.

1995. La lune n'ayant d'autre lumière que celle qu'elle reçoit du soleil, il s'ensuit qu'elle n'a jamais que la moitié de sa surface éclairée; car elle n'en peut pas présenter davantage au soleil. Ainsi, suivant qu'elle est située, par rapport au spectateur placé sur la terre, elle doit lui présenter plus ou moins de cette moitié éclairée. Ce sont ces différentes apparences ou illuminations que l'on appelle ses *phases* (1832).

1996. Quand le spectateur est placé entre le soleil et la lune, comme, par exemple, si la lune est en L (*fig.* 294) le soleil en S, et le spectateur placé sur la terre T, la moitié éclairée de la lune paroît toute entière; et l'on dit alors que la lune est *pleine*. A mesure qu'elle s'approche du soleil S, elle ne présente qu'une partie de cette moitié, laquelle partie, lorsque la lune est en P, est réduite à la moitié de cette moitié; et l'on dit alors que la lune est dans son *dernier quartier;* ce qu'on appelle aussi *quadrature.* Ensuite cette partie éclairée, présentée au spectateur, va toujours en diminuant, jusqu'au point de n'être plus visible pour lui, la lune se trouvant alors placée entre le soleil et la terre, comme en N, et l'on appelle cette phase *nouvelle lune.* La lune s'éloigne de nouveau du soleil, et recommence à présenter une portion de sa partie éclairée; lorsqu'elle est en Q, on dit qu'elle est dans son *premier quartier.* Cette portion éclairée, visible pour le spectateur, va toujours en augmentant, jusqu'à ce qu'enfin la lune étant arrivée en L, elle présente en entier sa moitié éclairée, et est encore dite être *pleine.*

1997.

1997. Lorsque la lune est placée entre les quatre points Q, L, P, N, que nous venons de nommer (1996), et à la moitié de la distance de chacun d'eux, c'est-à-dire, à 45 ou à 135 degrés du soleil, de part ou d'autre, on dit qu'elle est dans ses *octans*. Dans le premier A et dans le quatrième D, elle ne nous présente que la huitième partie de sa surface éclairée; et dans le second B et le troisième C, elle nous en présente les trois huitièmes.

1998. Dans les phases A, Q, B, qui se trouvent entre la nouvelle lune N et la pleine lune L, la convexité de la partie éclairée est tournée vers l'occident, et dans celles C, P, D, qui se trouvent entre la pleine lune L et la nouvelle lune N, cette convexité est tournée vers l'orient.

1999. Vers le premier octant A et le quatrième D, la portion éclairée que nous présente la lune, a la forme d'un croissant. On voit alors assez distinctement le reste du corps de la lune. Cette apparence est produite par la lumière du soleil, réfléchie vers la lune par la surface de la terre; car de même que nous avons *clair de lune*, la lune a aussi *clair de terre*, et avec des phases semblables.

2000. Nous avons dit ci-devant (1875) que la durée de la révolution de la lune autour de la terre, relativement à un point fixe dans le ciel, est de 27 jours 7 heures 43 minutes 11 secondes 36 tierces; c'est ce qu'on appelle son *mois périodique*. Mais le temps qui s'écoule entre deux de ses conjonctions avec le soleil, est de 29 jours 12 heures 44 minutes 5 secondes 20 tierces; et c'est là ce qu'on appelle son *mois synodique* ou une *lunaison*. La différence des

durée de ces deux révolutions vient de ce que, pendant une révolution synodique de la lune, la terre avance d'environ 29 degrés dans l'écliptique; il faut donc que la lune parcoure un arc d'environ 29 degrés de plus que son tour entier, pour rejoindre le soleil : or il lui faut pour cela 2 jours 5 heures 0 minutes 51 secondes 44 tierces; ce qui, joint à la durée du mois periodique, forme celle du mois synodique ou de la lunaison.

2001. La rotation de la terre sur son axe d'occident en orient (1818) occasionne une révolution journalière apparente de la lune autour de la terre d'orient en occident; ce qui rend raison du lever et du coucher de la lune chaque jour; et c'est ce qu'on appelle *jour lunaire*.

2002. Mais pendant cette révolution journalière apparente de la lune autour de la terre, d'orient en occident, elle avance réellement dans son orbite d'environ 13 degrés d'occident en orient (1881): ce qui fait que, chaque jour, son lever et son coucher, ainsi que son passage au méridien, sont retardés d'une quantité de temps qui varie, mais dont le terme moyen est de 49 minutes. Car on conçoit bien que, pour que la lune se retrouve au méridien d'un même lieu après une révolution entière, il faut que la terre, en tournant sur son axe, parcoure environ 13 degrés de plus que son tour entier. C'est le temps nécessaire pour parcourir ces 13 degrés de plus, qui forme le retard du passage de la lune au méridien, ainsi que de son lever et de son coucher.

2003. Nous avons dit ci-devant (1892) que la lune tourne sur son axe d'occident en orient, et

qu'elle emploie à faire cette révolution autant de temps qu'elle en emploie à faire sa révolution périodique (1875) autour de la terre : il suit de cet accord, qu'elle nous présente toujours la même partie de sa surface. En effet, il est impossible qu'un homme, par exemple, parcoure la circonférence d'un cercle, en tenant constamment le visage tourné vers le centre, sans faire en même temps un tour sur lui-même. Cependant on observe dans la lune une espèce de balancement qui occasionne un petit changement dans la situation de ses taches ; car elles paroissent alternativement plus ou moins éloignées du bord septentrional et du bord occidental du disque lunaire. C'est cette espèce de balancement que l'on appelle *libration.*

2004. On observe trois sortes de librations ; savoir, la *libration diurne*, la *libration en longitude*, et la *libration en latitude.*

2005. La libration diurne est égale à la parallaxe (1692) horizontale de la lune. Puisque cette planète nous présente toujours à-peu-près la même face (2003), il suit qu'un observateur qui, du centre T (*fig.* 295) de la terre, regarderoit la lune L, verroit, pendant tout le jour, le même disque de la lune terminé par la même circonférence, au moins à si peu de chose près, que la différence ne seroit pas sensible. Mais l'observateur étant placé à la surface O de la terre, le rayon mené au centre du globe lunaire L, ne passe pas pendant tout le jour au même point de la surface de la lune, et ce rayon ne passeroit par la ligne T L des centres, que dans le cas où la lune seroit au zénith ; car alors T O Z seroit ce rayon. Lors donc que

la lune se lève, le point *i* de sa surface, où tombe le rayon visuel O *i*, qui tend à son centre, est plus haut que le point *e* où passe la ligne T *e* L des centres. Par conséquent, l'on voit alors une portion de l'hémisphère occidental *c* de la lune, que l'on ne verroit pas du centre T de la terre; et l'on perd en même temps de vue une égale portion de l'hémisphère oriental *r*, que l'on verroit du centre T de la terre. Par la même roison, lorsque la lune se couche, l'on voit une portion de son hémisphère oriental, qu'on ne verroit pas du centre de la terre, et l'on perd en même temps de vue une égale portion de son hémisphère occidental, que l'on verroit du centre de la terre. Voilà ce qui occasionne la libration diurne.

2006. La libration en longitude vient des inégalités du mouvement de la lune dans son orbite, qui, suivant la troisième loi de *Kepler* (1762), va d'autant plus vîte qu'elle est plus près de son périgée. Le mouvement de rotation de la lune sur son axe est uniforme (57); de sorte que, pendant le quart du temps qu'elle emploie à faire cette révolution, elle fait exactement le quart d'un tour sur son axe. Mais, quoiqu'elle emploie le même temps à parcourir son orbite qu'à tourner sur son axe (1892), pendant le quart de ce temps-là elle ne parcourt pas exactement le quart de son orbite; elle en parcourt ou un peu plus ou un peu moins du quart, suivant qu'elle se trouve vers son périgée ou vers son apogée. Ces inégalités dans son mouvement sont cause que nous découvrons, tantôt vers sa partie orientale, tantôt vers sa partie occidentale, des portions de sa surface que nous ne voyions pas auparavant. C'est-là ce qu'on appelle *libration en longitude*. Cette libration est nulle

deux fois chaque mois périodique, savoir, quand la lune est dans son apogée et dans son périgée.

2007. La libration en latitude vient de l'inclinaison de l'axe de la lune au plan de son orbite et à celui de l'écliptique. L'axe de la lune, et par conséquent son équateur, sont inclinés au plan de son orbite d'environ 7 ½ degrés, et au plan de l'écliptique d'environ 2 ½ degrés, suivant *Cassini*. Cela fait que tantôt l'un, tantôt l'autre de ses poles s'incline vers la terre, comme les poles de la terre s'inclinent vers le soleil (1937 et 1938). La lune doit donc paroître se balancer, et nous montrer alternativement une plus ou moins grande partie de chacun de ses poles. Car lorsqu'elle a une latitude (1795) septentrionale, c'est-à-dire, lorsqu'elle est distante de l'écliptique du côté du nord, nous voyons une portion de son hémisphère austral que nous ne voyons pas lorsqu'elle a une latitude méridionale, ou qu'elle est distante de l'écliptique du côté du midi. Au contraire, lorsqu'elle a une latitude méridionale, nous voyons une portion de son hémisphère boréal que nous ne voyons pas lorsqu'elle a une latitude septentrionale. La libration en latitude est la plus grande qu'il est possible, lorsque la lune est dans ses plus grandes latitudes, et elle est nulle, lorsque la lune est dans ses nœuds (1814).

2008. Pendant une de nos années, la lune fait 13 tours et un peu plus de ⅓ sur son axe; mais chaque révolution de la lune sur son axe forme un jour pour elle; car pendant chacune de ses révolutions, le soleil éclaire successivement toutes les parties de sa surface; d'où il suit que, pendant une de nos années,

il n'y a, pour les habitans de la lune, si elle en a, que 13 jours et un peu plus d'un tiers.

Des Éclipses.

2009. Nous avons dit ci-dessus (1995) qu'en moins d'un mois la lune se trouve une fois en conjonction avec le soleil, et une fois en opposition, savoir, en conjonction, lorsque la lune est placée en N (*fig.* 291) entre le soleil S et la terre T; et en opposition, lorsque la lune est en L, de manière que la terre T se trouve placée entr'elle et le soleil S. Il sembleroit que, dans le premier cas, la lune devroit nous cacher la lumière du soleil, et que dans le second, la terre devroit empêcher la lumière de cet astre de parvenir jusqu'à la lune; ce qui devroit occasionner autant d'éclipses. Cependant les nouvelles et pleines lunes se passent souvent sans éclipses; et lorsqu'il y en a, ce n'est pas toujours de la même quantité, ni par le même bord du disque (2027). En voici les raisons.

2010. 1°. L'orbite de la lune est inclinée d'un peu plus de 5 degrés au plan de l'écliptique (1868). Lorsque la lune, dans le moment de sa conjonction ou de son opposition avec le soleil, se trouve dans quelque point de son orbite un peu éloigné de ceux dans lesquels cette orbite coupe l'écliptique, et que l'on appelle ses *nœuds* (1814), elle a assez de latitude (1793) pour que, dans sa conjonction, la lumière du soleil puisse arriver jusqu'à la terre, en passant ou par-dessus ou par-dessous la lune, ou pour que, dans son opposition, la lumière du soleil puisse arriver jusqu'à elle en passant ou par-dessus ou par-dessous la terre; et alors il n'y a point d'éclipses. Mais

si la lune se trouve dans son nœud ou près de son nœud, dans sa conjonction, elle nous dérobe la lumière du soleil, et cet astre paroît éclipsé : dans son opposition, la terre empêche la lumière du soleil d'arriver jusqu'à elle; et elle paroît éclipsée.

2011. 2°. Les nœuds de l'orbite de la lune ont un mouvement progressif qui les fait changer de place (1886). Si ces nœuds répondoient constamment aux mêmes points du ciel, les éclipses, soit de soleil, soit de lune, ne pourroient avoir lieu que dans les mêmes mois et dans les mêmes jours; ce qui n'arrive pas.

2012. L'inclinaison de l'orbite de la lune au plan de l'écliptique, et le mouvement progressif de ses nœuds, rendent donc les éclipses possibles, en en diminuant la fréquence.

2013. On observe trois principales sortes d'éclipses, savoir, les éclipses de lune, les éclipses de soleil, et les éclipses des satellites de Jupiter. Il arrive aussi très-souvent que les étoiles sont éclipsées par la lune ou par quelque autre planète; et les planètes s'éclipsent les unes les autres.

2014. L'*éclipse de lune* ne peut avoir lieu que dans les pleines lunes (1996), c'est-à-dire, lorsque la lune est en opposition avec le soleil, et que de plus la lune se trouve ou dans l'un de ses nœuds (1814), ou près de ce nœud. Supposons que la ligne EE (*fig.* 296) est une portion de l'écliptique. Comme le centre de la terre ne sort jamais de cette ligne (1795), le centre de son ombre s'y trouve toujours; ainsi cette ombre est représentée par les taches noires et circulaires A, B, C, D, qui sont coupées diamé-

tralement par l'écliptique E E. Ce sont comme des sections perpendiculaires à l'axe du cône d'ombre (1198) que forme la terre, qu'on doit supposer en devant de la figure, ayant le soleil derrière elle, ainsi qu'on le peut voir *figure* 298, où D E C est le cône d'ombre; T, la terre; S, le soleil. Supposons encore que la ligne L L (*fig.* 296) est une portion de l'orbite de la lune, qui coupe l'écliptique E E au point N appelé *nœud*, faisant avec elle un angle d'un peu plus de 5 degrés (1868). Si au moment de son opposition, la lune se trouve au point F de son orbite; elle sera trop éloignée de son nœud, qui est en N; elle aura trop de latitude (1793) pour pouvoir atteindre le cône d'ombre; elle demeurera éclairée, et il n'y aura point d'éclipse. Mais si elle se trouve au point G, ayant moins de latitude, une portion de son disque sera plongée dans l'ombre, et par-là privée de lumière: il y aura donc une éclipse, mais seulement partiale, et qui seroit plus grande, si la lune étoit plus près de son nœud, comme au point H. Enfin si, au moment de l'opposition, la lune se trouve précisément dans son nœud N, l'éclipse sera non-seulement totale, mais centrale, et même avec demeure; car le centre de la lune répondra au centre ou à l'axe du cône d'ombre formé par la terre; et ce cône d'ombre D E C (*fig.* 298) occupant, dans l'orbite de la lune, un espace F G ou *f g* plus grand que le diamètre de la lune L ou M, il faudra à cette planète, pour le traverser, un temps d'autant plus long, que le diamètre de l'ombre excédera davantage celui de la lune. C'est là ce qui cause la demeure de cette planète dans l'ombre.

2015. Le cas le plus favorable, pour que cette

demeure soit la plus longue possible, c'est que le soleil S soit apogée (1749), et la lune L périgée (1871); car alors le cône de l'ombre est le plus grand qu'il puisse être : et la lune se trouvant dans le point L de son orbite qui est le plus rapproché de la terre, se trouve aussi traverser l'ombre dans l'endroit où cette ombre a le plus grand diamètre F G que la lune puisse atteindre ; au lieu que, lorsque la lune M est apogée, elle traverse le cône d'ombre plus près de son sommet C, et par conséquent dans un endroit *fg*, où cette ombre est plus étroite.

2016. Lorsque la lune est totalement éclipsée, elle ne cesse pas toujours pour cela d'être visible. Elle paroît ordinairement sous une couleur de cuivre rouge, ou d'un fer ardent qui commence à s'éteindre. Cet effet vient des rayons solaires, qui se réfractent dans l'atmosphère terrestre (1977), et qui, se croisant, après s'être réfractés, vont illuminer foiblement la lune, qui ne reçoit plus les rayons directs. Cette lumière est foible, parce qu'elle est en petite quantité ; et elle approche du rouge, parce qu'il n'y a guère que les rayons propres à produire cette couleur, qui aient la force de percer entièrement notre atmosphère en pareille circonstance (1492, 1716).

2017. Cette couleur, sous laquelle paroît la lune en pareil cas, varie considérablement dans les différentes éclipses; elle est d'autant plus obscure, que la lune L est plus proche de la terre dans le moment de l'éclipse, parce qu'alors les rayons, rompus par l'atmosphère, ne parviennent pas jusqu'au centre de l'ombre ou à l'axe du cône, à cause de sa largeur.

On a même vu des éclipses, où la lune disparoissoit entièrement; mais cela est fort rare.

2018. La lune commence toujours à s'éclipser par son bord oriental O : cela vient de ce qu'elle chemine plus vîte dans son orbite que le soleil ne paroît cheminer dans l'écliptique; en conséquence elle doit rencontrer l'ombre de la terre suivant la direction de son mouvement G F, laquelle est d'occident en orient.

2019. La terre étant beaucoup plus grosse que la lune (1860), son ombre forme aussi un cône beaucoup plus gros que celui de l'ombre lunaire, et dont le sommet C s'étend bien au-delà de l'orbite de la lune. C'est pourquoi une éclipse de lune s'apperçoit de tous les endroits D H E de la terre où cette planète seroit visible, si elle n'étoit point éclipsée. Il n'en est pas de même d'une éclipse de soleil (2027).

2020. *L'éclipse de soleil* ne peut avoir lieu que dans les nouvelles lunes (1996), c'est-à-dire, lorsque la lune est en conjonction avec le soleil, et que de plus la lune se trouve dans l'un de ses nœuds (1014), ou fort près de ce nœud. Supposons que la ligne E E (*fig.* 297) est une portion de l'écliptique: comme le centre du soleil ne sort jamais de cette ligne (1746), en quelque point de cette ligne qu'on le suppose, on doit concevoir qu'elle le coupe diamétralement. Supposons encore que la ligne L L est une portion de l'orbite de la lune, qui coupe l'écliptique E E au point N appelé *nœud*, faisant avec elle un angle d'un peu plus de 5 degrés (1868). Si, au moment de sa conjonction, la lune se trouve au point F de son orbite, elle sera trop éloignée de son

nœud qui est en N ; elle aura trop de latitude (1793) pour pouvoir nous cacher le soleil ; il n'y aura donc point d'éclipse. Mais si elle se trouve au point G, ayant moins de latitude, elle nous cachera une portion du disque du soleil, et il y aura une éclipse partiale, qui seroit encore plus grande, si la lune étoit plus près de son nœud, comme au point H. Enfin, si, au moment de la conjonction, la lune se trouve précisément dans son nœud N, l'éclipse sera centrale ; car le centre de la lune répondra au centre du soleil.

2021. Et si le diamètre apparent A B (*fig.* 299) du soleil S est plus grand que le diamètre apparent Q R de la lune L, il excédera et formera autour de la lune un anneau ou une couronne lumineuse, et l'éclipse sera annullaire. Cet anneau de lumière sera d'autant plus large, qu'il y aura une plus grande différence entre les diamètres apparens du soleil et de la lune.

2022. Mais si le diamètre apparent N O (*fig.* 300) de la lune L est aussi grand ou plus grand que le diamètre apparent A B du soleil S, cet astre paroîtra entièrement couvert par la lune : l'éclipse sera totale, et avec demeure d'autant plus longue, que le diamètre apparent de la lune excédera davantage celui du soleil.

2023. Pour qu'une éclipse de soleil soit annulaire (2021), le cas le plus favorable est que le soleil soit périgée (1749), et la lune apogée (1871). Et pour qu'elle soit totale (2022), le cas le plus favorable est que le soleil soit apogée et la lune périgée : elle est même alors avec la plus grande demeure, c'est-

à-dire, que c'est le cas où le disque entier du soleil est le plus long-temps caché ; mais ce temps n'est jamais que de quelques minutes au plus.

2024. Le mouvement de la lune étant plus prompt que celui du soleil, et les mouvemens de l'un et de l'autre étant dirigés d'occident en orient, c'est-à-dire, celui de la lune de R en Q (*fig.* 299.) et de O en N (*fig.* 300.), et celui du soleil de B en A, c'est aussi dans ce sens que la lune gagne le soleil de vîtesse. Voilà la raison pour laquelle le soleil commence toujours à s'éclipser par son bord occidental B.

2025. A proprement parler, ce n'est point le soleil qui est éclipsé, c'est plutôt la terre, sur la surface de laquelle tombe l'ombre de la lune; mais il est d'usage d'appeler cette éclipse de terre *une éclipse de soleil.*

2026. Comme la lune est beaucoup plus petite que la terre (1860), son ombre forme aussi un cône NOC bien moins gros; de sorte que, dans toutes les éclipses de soleil, il n'y a jamais qu'une petite portion DEC de la terre qui soit dans l'ombre. De plus, ce cône d'ombre QRC (*fig.* 299.) est si court, qu'il arrive souvent que son sommet C n'atteint pas jusqu'à la surface D de la terre T, comme dans les éclipses annulaires (2021). De là il arrive deux choses remarquables:

2027. 1°. Qu'une éclipse de soleil, fût-elle centrale (2020), n'est pas visible pour toutes les parties PDEQ (*fig.* 300.) de la terre qui doivent être alors éclairées par cet astre; et que celles-là même qui l'apperçoivent, ne voient pas le soleil éclipsé de la même quantité, ni par le même bord du disque. Car

ceux qui sont en F ne voient éclipsée que la partie IB du soleil ; et ceux qui sont en G, ne voient éclipsée que la partie KA du même astre. Au lieu qu'une éclipse de lune, par la raison contraire, s'apperçoit par-tout où cette planète seroit visible, si elle n'étoit point éclipsée (2019). C'est ce qui rend les éclipses de soleil beaucoup plus rares que celles de lune pour un lieu déterminé :

2028. 2°. Que, dans les éclipses annulaires (2021), l'anneau lumineux qui entoure le disque de la lune, ne dure que quelques minutes pour le même lieu ; parce que, pour le voir parfaitement, il faut avoir l'œil dans l'axe prolongé CD (*fig.* 299.) de l'ombre lunaire, lequel axe chemine aussi vîte que le mouvement de la lune surpasse en vîtesse celui du soleil.

2029. C'est un spectacle assez singulier que celui d'une éclipse totale de soleil. L'obscurité y est subite, et, pour ainsi dire, plus grande que celle de la nuit la plus noire. On ne voit pas où pouvoir mettre le pied ; et les oiseaux retombent vers la terre, par l'effroi que leur cause une obscurité si complète. On apperçoit les étoiles et les planètes aussi distinctement que dans la plus belle nuit d'hiver. On voit la lumière zodiacale (1959) mieux qu'en aucun autre instant. Mais la première petite partie du soleil qui se découvre, lance un trait de lumière subit et très-vif, qui paroît dissiper l'obscurité entière.

2030. Dans chaque éclipse, soit de lune, soit de soleil, il y a principalement trois choses à observer ; savoir, le commencement, le milieu et la fin. On prend toutes les précautions nécessaires pour avoir

l'heure exacte de chacune de ces trois phases. Dans les éclipses qui sont totales, on a encore deux autres phases à observer, qui sont l'immersion totale et le commencement de l'émersion. Dans les éclipses totales, il y a donc cinq phases à observer ; savoir, le commencement de l'immersion, qui est le commencement de l'éclipse ; l'immersion totale ; le milieu de l'éclipse ; le commencement de l'émersion, et l'émersion totale, qui est la fin de l'éclipse.

2031. Il y a encore, dans chaque éclipse, une chose à observer ; c'est sa grandeur, c'est-à-dire, la portion de l'astre éclipsé qui est couverte par l'ombre. Pour mesurer cette grandeur, on suppose qu'on a divisé en 12 parties égales, qu'on nomme *doigts*, la largeur de l'astre éclipsé, ou plutôt celui de ses diamètres qui coupe l'ombre, ou qui, étant prolongé, la couperoit par son centre au moment même du milieu de l'éclipse ; puis en comptant combien de ces parties sont couvertes par l'ombre, on dit, telle éclipse a été de 2, de 4, de 7, de 10 doigts, etc. Et pour avoir cette quantité, voici la règle générale : *La partie éclipsée est égale à la somme des demi-diamètres de l'astre et de l'ombre, moins la plus courte distance des centres de l'ombre et de l'astre.*

2032. Dans les éclipses de lune qui sont totales, on dit souvent que la grandeur de l'éclipse est de plus de douze doigts, quoique le diamètre de la lune n'en contienne que ce nombre ; ce qui a lieu lorsque le corps de la lune est plongé dans l'ombre plus qu'il ne seroit nécessaire pour qu'elle fût entièrement éclipsée. La raison de cela est qu'on y comprend la partie de l'ombre qui surpasse le bord de la lune ; et la règle ci-dessus (2031) donne cette quantité. On com-

prend donc sous le nom de *partie éclipsée*, toute la quantité qui seroit éclipsée en effet, si la lune avoit un assez grand diamètre pour s'étendre jusqu'au bord de l'ombre.

2033. Les éclipses des satellites de Jupiter ont lieu à toutes leurs révolutions, pour les raisons que nous avons dites ci-dessus (1890). Il y a principalement deux choses à observer dans ces éclipses; savoir, l'immersion du satellite dans l'ombre et son émersion.

CHAPITRE XVII.

Du Flux et Reflux.

2034. On appelle *flux* et *reflux*, un mouvement journalier, régulier et périodique d'élévation et d'abaissement alternatifs, qu'on observe dans les eaux de la mer.

2035. Dans les mers vastes et profondes, on remarque que l'Océan monte et descend alternativement deux fois par jour. Les eaux, pendant environ six heures, s'élèvent et s'étendent sur les rivages; c'est ce qu'on appelle le *flux* : elles restent un très-petit espace de temps, c'est-à-dire, quelques minutes dans cet état de repos; après quoi elles descendent durant environ six autres heures, ce qui forme le *reflux* : au bout de ces six heures et d'un très-petit temps de repos (2068), elles remontent de nouveau, et ainsi de suite (2057, 2065).

2036. Pendant le flux, les eaux des fleuves s'en-

rive plutôt à une moindre latitude qu'à une plus grande (2084); et au-delà du 65ᵉ degré de latitude, le flux n'est guère sensible (2071).

2043. La période menstruelle consiste en ce que les marées sont plus grandes dans les nouvelles et pleines lunes que quand la lune est en quartier (1996); ou, pour parler plus exactement, les marées sont plus grandes dans chaque lunaison (2000), quand la lune est à environ 18 degrés au-delà des pleines et nouvelles lunes; et elles sont plus petites, quand elle est à environ 18 degrés au-delà du premier et du dernier quartier (2077). Les nouvelles et pleines lunes s'appellent *syzigies*; les quartiers, *quadratures*.

2044. Dans la période menstruelle on observe, 1°. que les marées vont en croissant des quadratures aux syzigies; et en décroissant, des syzigies aux quadratures (2064):

2045. 2°. Que, quand la lune est aux syzigies ou aux quadratures, la haute mer arrive trois heures après le passage de la lune au méridien (2067): si la lune va des sizigies aux quadratures, le temps de la haute mer arrive plutôt que ces trois heures; c'est le contraire, si la lune va des quadratures aux syzigies (2075):

2046. 3°. Que, soit que la lune se trouve dans l'hémisphère austral ou dans le boréal, le temps de la haute mer n'arrive pas plus tard aux plages septentrionales.

2047. La période annuelle consiste en ce qu'aux équinoxes les marées sont les plus grandes vers les nouvelles et pleines lunes; et celles des quartiers sont

moins grandes qu'aux autres lunaisons (2000) ; parce qu'alors le soleil et la lune se trouvent dans l'équateur (2049). Au contraire, dans les solstices, les marées des nouvelles et pleines lunes ne sont pas si grandes qu'aux autres lunaisons ; au lieu que les marées des quartiers sont plus grandes qu'aux autres lunaisons.

2048. Dans la période annuelle, on observe, 1°. que les marées du solstice d'hiver sont plus grandes que celles du solstice d'été (2066, 2078) :

2049. 2°. Que les marées sont d'autant plus grandes, que la lune est plus près de la terre ; et qu'elles sont les plus grandes, toutes choses d'ailleurs égales, quand la lune est périgée (1871), c'est-à-dire, à sa plus petite distance de la terre (2066) : elles sont aussi d'autant plus grandes, que la lune est plus près de l'équateur, et a par conséquent moins de déclinaison (2084). Et en général les plus grandes de toutes les marées arrivent quand la lune est à-la-fois dans l'équateur, périgée, et dans les zisigies :

2050. 3°. Que dans les contrées septentrionales, les marées des nouvelles et pleines lunes sont, en été, plus grandes le soir que le matin ; et, en hiver, plus grandes le matin que le soir.

2051. On voit, par ce détail des phénomènes, que le flux et reflux a une connexion marquée et principale avec les mouvemens de la lune, et qu'il en a même avec le mouvement du soleil, ou plutôt avec celui de la terre autour du soleil. D'où l'on peut conclure, en général, que la lune et le soleil, et surtout le premier de ces deux astres, sont la cause du flux et reflux.

2052. Il est certain, par toutes les observations astronomiques, qu'il y a une tendance mutuelle des corps célestes les uns vers les autres; cette force, dont la cause est inconnue, a été nommée par *Newton*, *gravitation* ou *attraction* (194). Il est certain de plus, par les observations, que les planètes se meuvent, ou dans le vide, ou au moins dans un milieu qui ne leur résiste pas sensiblement. Il est donc sage de faire abstraction de tout fluide dans l'explication du flux et reflux de la mer, et de chercher uniquement à expliquer ce phénomène par le principe de la gravitation universelle (194) que personne ne peut refuser d'admettre.

2053. Nous poserons donc pour principe, que, comme la lune gravite vers la terre, de même aussi la terre et toutes ses parties gravitent vers la lune, ou, ce qui revient au même, en sont attirées; que de même, la terre et toutes ses parties gravitent ou sont attirées vers le soleil; ne donnant point ici d'autre sens au mot *attraction*, que celui d'une tendance des parties de la terre vers la lune et vers le soleil, quelle qu'en soit la cause. C'est de ce principe que nous allons déduire les phénomènes des marées.

2054. *Kepler* avoit conjecturé, il y a long-temps, que la gravitation des parties de la terre vers la lune et vers le soleil, étoit la cause du flux et reflux. « Si » la terre cessoit, dit-il, d'attirer ses eaux vers elle-» même, toutes celles de l'Océan s'éleveroient vers la » lune; car la sphère de l'attraction de la lune s'étend » vers notre terre, et en attire les eaux ». C'est ainsi que pensoit ce grand astronome; et ce soupçon, car ce n'étoit alors rien de plus, se trouve aujourd'hui

vérifié et démontré par la théorie suivante, déduite des principes de *Newton*.

Théorie des Marées.

2055. La surface de la terre et de la mer est sphérique, ou du moins, étant à-peu-près sphérique, peut être ici regardée comme telle. Cela posé, si l'on imagine que la lune A (*fig.* 301) est au-dessus de quelque partie de la surface de la mer, comme E, il est évident que l'eau E, étant la plus près de la lune, gravitera vers elle plus que ne fait aucune autre partie de la terre et de la mer, dans tout l'hémisphère PEH. Par conséquent l'eau en E doit s'élever vers la lune, et la mer doit s'enfler en E.

2056. Par la même raison, l'eau en G étant la plus éloignée de la lune, doit moins graviter vers cette planète, que ne fait aucune autre partie de la terre ou de la mer, dans l'hémisphère PGH. Par conséquent l'eau de cet endroit doit moins s'approcher de la lune, que toute autre partie du globe terrestre; c'est-à-dire, qu'elle doit paroître s'élever du côté opposé; et par conséquent elle doit s'enfler en G.

2057. Par ces moyens, la surface de l'Océan doit prendre nécessairement une figure ovale, dont le plus long diamètre est EG, et le plus court PH. De sorte que la lune venant à changer sa position, dans son mouvement diurne apparent autour de la terre (2001), cette figure ovale de l'eau doit changer avec elle; et c'est là ce qui produit les deux flux et reflux que l'on remarque environ toutes les vingt-cinq heures (2035).

2058. Tel est d'abord en général, et, pour ainsi

dire en gros, l'explication du flux et reflux. Mais, pour faire entendre par le seul raisonnement, et d'une manière encore plus précise, la cause de l'élévation des eaux en E et en G, imaginons que la lune soit en repos, et que la terre soit un globe solide aussi en repos, couvert, jusqu'à telle hauteur qu'on voudra, d'un fluide homogène et sans ressort, dont la surface soit sphérique. Supposons de plus que les parties de ce fluide pesent, comme elles le font en effet, vers le centre du globe, tandis qu'elles sont attirées par la lune.

2059. Il est certain, que si toutes les parties du fluide et du globe qu'il couvre, étoient attirées avec une force égale et suivant des directions parallèles, l'action de cet astre n'auroit d'autre effet que de mouvoir ou de déplacer toute la masse du globe et du fluide, sans causer d'ailleurs aucun dérangement dans la situation respective de leurs parties.

2060. Mais, suivant les loix de l'attraction (194), les parties de l'hémisphère supérieur, c'est-à-dire, de celui qui est le plus près de l'astre, sont attirées avec plus de force que le centre du globe; et au contraire, les parties de l'hémisphère inférieur sont attirées avec moins de force : d'où il suit que le centre du globe étant mu par l'action de la lune, le fluide qui couvre l'hémisphère supérieur, et qui est attiré plus fortement, doit tendre à se mouvoir plus vîte que le centre, et par conséquent s'élever avec une force égale à l'excès de la force qui l'attire, sur celle qui attire le centre. Au contraire, le fluide de l'hémisphère inférieur, étant moins attiré que le centre du globe, doit se mouvoir moins vîte : il doit donc paroître, pour ainsi dire, fuir le centre et s'en éloigner avec une force

à-peu-près égale à celle de l'hémisphère supérieur. Supposons donc que la lune A, par la force de son attraction, fait avancer vers elle le centre T de la terre de 10 mètres, et le porte en *t*; que la partie E, étant plus proche de la lune et plus fortement attirée, se porte en *e* à 15 mètres; et que la partie G, étant plus loin de la lune, et plus foiblement attirée que le centre T, ne se porte qu'en *g* à 5 mètres. Il est évident que les rayons *te* et *tg* sont chacun plus longs de 5 mètres que n'étoient auparavant les rayons TE et TG. Donc les eaux doivent paroître élevées à-peu-près de la même quantité en *e* et en *g*, tandis qu'elles seront abaissées en *p* et en *h*. Ainsi le fluide s'élevera aux deux points opposés, qui sont dans la ligne AG, par où passent les centres de la terre et de la lune. Et si l'attraction du soleil se joint à celle de la lune (2063), l'effet sera plus grand; mais si elle contrebalance celle de la lune (2061), l'effet sera plus petit.

2061. Le mouvement des eaux de la mer, au moins celui qui nous est sensible, et qui ne leur est point commun avec toute la masse du globe terrestre, ne provient donc point de l'action totale du soleil et de la lune, mais de la différence qu'il y a entre l'action de ces astres sur le centre de la terre, et leur action sur le fluide, tant supérieur qu'inférieur. C'est donc cette différence que nous appelons *action*, *force* ou *attraction* solaire ou lunaire. Et il est certain, tant par les phénomènes des marées que par d'autres observations, que l'action lunaire, pour soulever les eaux de l'Océan, est beaucoup plus grande que celle du soleil (2065).

Voyons maintenant comment on peut déduire de

ce que nous avons avancé, l'explication des principaux phénomènes du flux et reflux.

2062. Nous avons vu (2055), que les eaux doivent s'élever en même temps à l'endroit au-dessus duquel est la lune, et au point de la terre diamétralement opposé à celui-là. Par conséquent à 90 degrés de ces deux points, ces eaux doivent s'abaisser (2064). De même l'action solaire doit faire élever les eaux à l'endroit au-dessus duquel est le soleil, et au point de la terre diamétralement opposé; et par conséquent les eaux doivent s'abaisser à 90 degrés de ces points. Combinant ensemble ces deux actions, on verra que l'élévation des eaux, en un même endroit, doit être sujette à de grandes variétés, soit pour la quantité, soit pour l'heure à laquelle elle arrive, selon que l'action solaire et l'action lunaire se combineront entr'elles, c'est-à-dire, selon que la lune et le soleil seront différemment placés par rapport à cet endroit.

2063. En général, dans les conjonctions et oppositions du soleil et de la lune (1825 et 1826), la force qui fait tendre l'eau vers le soleil, concourt avec la gravitation qui la fait tendre vers la lune. Car, dans les conjonctions du soleil et de la lune, ces deux astres passent en même temps au-dessus du méridien : et dans les oppositions, l'un passe au-dessus du méridien dans le temps que l'autre passe au-dessous, et, par conséquent, ils tendent dans ces deux cas à élever en même temps les eaux de la mer dans le même sens (2060).

2064. Dans les quadratures, au contraire, l'eau élevée par le soleil se trouve abaissée par la lune (2062); car, dans les quadratures, la lune est à 90 degrés du

soleil : donc les eaux qui se trouvent sous la lune, sont à 90 degrés de celles au-dessus desquelles se trouve le soleil : donc la lune tend à élever les eaux que le soleil tend à abaisser, et réciproquement; mais, dans les sizigies (2043), l'action solaire conspire avec l'action lunaire à produire le même effet, tandis qu'elle tend à produire un effet opposé dans les quadratures. D'où il suit, en général, et toutes choses d'ailleurs égales, que les plus grandes marées arrivent dans les syzigies, et les plus basses dans les quadratures (2044).

2065. Dans le cours de chaque jour naturel, il y a deux flux et reflux qui dépendent de l'action du soleil, comme dans chaque jour lunaire il y en a deux qui dépendent de l'action de la lune (2035); et toutes ces marées sont produites suivant les mêmes loix. Mais celles que cause le soleil, sont beaucoup moins grandes que celles que cause la lune : la raison en est que, quoique la masse du soleil soit beaucoup plus considérable que celles de la terre et de la lune prises ensemble (1792 et 1862), sa très-grande distance (1798) fait que l'action solaire est beaucoup plus petite que l'action lunaire (2061). *Newton* prétend qu'elle est dans le rapport de 1 à 4 $\frac{1}{2}$ environ.

2066. En général, plus la lune est près de la terre, plus son action, pour élever les eaux, doit être grande (2049) : il en est de même de l'action du soleil (2048). C'est une suite des loix de l'attraction (194), laquelle est plus forte à une moindre distance.

2067. Faisant abstraction, pour un moment, de l'action du soleil, la haute marée devroit avoir lieu au moment du passage de la lune par le méridien, si

les eaux n'avoient pas, ainsi que tous les corps en mouvement, une force d'inertie, par laquelle elles tendent à conserver l'impression qu'elles ont reçue (41). Mais cette force doit produire deux effets; elle doit retarder l'heure de la haute marée (2045), et diminuer aussi en général l'élévation des eaux. Pour le prouver, supposons un moment la terre en repos, et la lune au-dessus d'un endroit quelconque de la terre: en faisant abstraction du soleil, dont la force, pour élever les eaux, est beaucoup moindre que celle de la lune (2065), l'eau s'élevera certainement au-dessus de l'endroit où est la lune. Supposons maintenant que la terre vienne à tourner sur son axe; d'un côté, elle tourne fort vîte par rapport au mouvement de la lune (1818 et 1875); et d'un autre côté, l'eau qui a été élevée par la lune, et qui tourne avec la terre, tend à conserver, autant qu'elle peut, par sa force d'inertie, l'élévation qu'elle a acquise, quoiqu'en s'éloignant de la lune, elle tende en même temps à perdre une partie de cette élévation; ainsi, ces deux effets contraires se combattant, l'eau transportée par le mouvement de la terre sur son axe, se trouvera plus élevée à l'orient de la lune, qu'elle ne devroit être sans ce mouvement; mais cependant moins élevée qu'elle ne l'auroit été sous la lune, si la terre fût demeurée immobile. Donc le mouvement de rotation de la terre sur son axe doit, en général, retarder les marées (2045), et en diminuer l'élévation.

2068. Après le flux et le reflux, la mer est un peu de temps sans descendre ni monter (2035); parce que les eaux tendent à conserver l'état de repos et d'équilibre où elles sont dans le moment de la haute marée et dans celui de la marée basse, mais qu'en même

temps le mouvement de la terre, déplaçant ces eaux par rapport à la lune, change l'intensité de l'action de cet astre sur ces eaux, et tend à leur faire perdre l'équilibre : ces deux efforts se contrebalancent mutuellement pendant quelques momens. Il faut y joindre l'adhérence des particules des eaux les unes aux autres, et les obstacles de différentes espèces, qui doivent, en général, retarder leur mouvement, et empêcher qu'elles ne le prennent tout d'un coup; et par conséquent qu'elles ne passent brusquement de l'état d'élévation à celui d'abaissement.

2069. La lune passe au-dessus des rades orientales avant que de passer au-dessus des rades occidentales (2001) : le flux doit donc arriver plutôt aux premières (2040).

2070. Le mouvement général de la mer, entre les tropiques, de l'est à l'ouest (2041), est plus difficile à expliquer : ce mouvement se prouve par la direction constante des corps qui nagent à la merci des flots. On observe de plus que, toutes choses d'ailleurs égales, la navigation vers l'occident est fort prompte, et le retour difficile. *D'Alembert* a démontré, dans ses *Recherches sur la cause des Vents*, qu'en effet cela doit être ainsi; que l'action du soleil et celle de la lune doivent mouvoir les eaux de l'Océan, sous l'équateur, d'orient en occident. Cette même action doit produire dans l'air un effet semblable; et c'est là, selon lui, une des principales causes des vents alisés (1032).

2071. Si la lune restoit toujours dans l'équateur, il est évident qu'elle seroit toujours à 90 degrés des poles, et que par conséquent il n'y auroit aux poles

ni flux ni reflux; car les eaux y seroient abaissées à tous les instans (2062) : donc, dans les endroits voisins des poles, le flux et reflux seroient fort petits, et même tout-à-fait insensibles, sur-tout si on considère que ces endroits opposent beaucoup d'obstacles aux mouvemens des eaux, tant par les glaces énormes qui y surnagent, que par la disposition des terres. Or, quoique la lune ne soit pas toujours dans l'équateur, elle ne s'en éloigne que d'environ 28 degrés : il ne faut donc pas s'étonner que, près des poles, et même à la latitude de 65 degrés, le flux et reflux ne soient guère sensibles (2042 et 2081).

2072. Supposons maintenant que la lune décrive, un jour, un parallèle à l'équateur, ont voit, 1°. que l'eau sera en repos au pole pendant ce jour, puisque la lune demeurera toujours à la même distance du pole (2084) :

2073. 2°. Que si, le lendemain, la lune décrit un autre parallèle, l'eau sera encore en repos au pole pendant ce jour-là, mais plus ou moins abaissée que le jour précédent, selon que la lune sera plus loin ou plus près du zénith ou du nadir des habitans du pole :

2074. 3°. Que si on prend un endroit quelconque entre la lune et le pole, la distance de la lune à cet endroit sera plus différente de 90 degrés en défaut, lorsque la lune passera au méridien au-dessus de cet endroit, que la distance de la lune à ce même endroit ne différera de 90 degrés en excès, lorsque la lune passera au méridien au-dessous de ce même endroit. Voilà pourquoi, en général, en allant vers le pole boréal, les marées de dessus sont plus grandes, quand

la lune est dans l'hémisphère boréal, et celles de dessous sont plus petites; et, en s'avançant même plus loin vers le pole, il ne doit plus y avoir dans ce cas-là qu'un flux et qu'un reflux dans l'intervalle de 24 heures; parce que, quand la lune est au méridien au-dessous, elle n'est pas, à beaucoup près, à 180 degrés de l'endroit dont il s'agit, et qu'elle se trouve au contraire à une distance assez peu différente de 90 degrés, pour qu'alors les eaux doivent s'abaisser, au lieu de s'élever. Le calcule démontre évidemment toutes ces vérités, que nous croyons ne devoir énoncer ici qu'en général.

2075. Comme il n'arrive que deux fois par mois que le soleil et la lune répondent au même point du ciel, comme lorsqu'ils sont en conjonction (1825), ou à des points diamétralement opposés, comme lorsqu'ils sont en opposition (1826); l'élévation des eaux, telle qu'on la trouve même en négligeant l'inertie, ne doit se faire, pour l'ordinaire, ni immédiatement sous la lune, ni immédiatement sous le soleil, mais dans un point milieu entre ces points. Ainsi, quand la lune va des syzigies aux quadratures, c'est-à-dire, lorsqu'elle n'est pas encore à 90 degrés du soleil, la plus grande élévation des eaux doit se faire plus au couchant de la lune; c'est le contraire quand la lune va des quadratures aux syzigies. Donc, dans le premier cas, le temps de la haute mer doit précéder les trois heures lunaires (2045); car, d'un côté, l'inertie des eaux donne l'élévation trois heures après le passage de la lune au méridien (2067); et, d'un autre côté, la position respective du soleil et de la lune donne cette élévation avant le passage de la lune au méridien. Au contraire, et par la même raison, dans le second

cas, le temps de la haute marée doit arriver plus tard que les trois heures (2045).

2076. Les différentes marées qui dépendent des actions particulières du soleil et de la lune (2065), ne peuvent être distinguées les unes des autres : elles se confondent ensemble. La marée lunaire est tant soit peu changée par l'action du soleil, et ce changement varie chaque jour, à cause de l'inégalité qu'il y a entre le jour naturel (1962) et le jour lunaire (2039).

2077. Comme il arrive quelque retard aux marées par l'inertie et le balancement des eaux, qui conservent quelque temps l'impression qu'elles ont reçue (2067); par la même raison, les plus hautes marées n'arrivent pas précisément dans la conjonction et dans l'opposition de la lune avec le soleil, mais deux ou trois marées après (2043) : de même les plus petites marées ne doivent arriver qu'un peu après les quadratures.

2078. Comme, dans l'hiver, le soleil est un peu plus près de la terre que dans l'été (1755), on observe, en général, que les marées du solstice d'hiver sont plus grandes, toutes choses d'ailleurs égales, que celles du solstice d'été (2048).

2079. Telles seroient régulièrement les marées, si les mers étoient partout également profondes; mais les bas-fonds qui se trouvent en certains endroits, et le peu de largeur de certains détroits où doivent passer les eaux, sont cause de la grande variété que l'on remarque dans les hauteurs des marées : et l'on ne sauroit rendre compte de ces effets, sans avoir une connoissance exacte de toutes les particularités

et inégalités des côtes, c'est-à-dire, de la position des terres, de la largeur et de la profondeur des canaux, etc.

2080. Il peut arriver que le flux vienne au même port par plusieurs chemins, et qu'il passe par quelques-uns de ces chemins plus vîte que par les autres; alors le flux paroîtra partagé en plusieurs flux successifs, qui auront des mouvemens différens, et qui ne ressembleront point aux flux ordinaires. Supposons, par exemple, que de tels flux soient partagés en deux flux égaux, dont l'un précède l'autre de six heures, et qu'il arrive trois heures ou vingt-sept heures après l'appulse ou le passage de la lune au méridien : si la lune étoit alors dans l'équateur, il y auroit, à six heures d'intervalle, des flux égaux qui seroient détruits par des reflux de la même grandeur; et l'eau seroit, ce jour-là, stagnante pendant vingt-quatre heures.

2081. Si la lune déclinoit vers un pole ou vers l'autre, ces flux seroient dans l'Océan alternativement plus grands et plus petits : ainsi dans ce port il y auroit alternativement deux plus grands et deux plus petits flux; les deux plus grands feroient acquérir à l'eau une plus grande hauteur, qui se trouveroit dans le milieu de l'intervalle de ces deux flux; et par les deux plus petits, elle acquerroit sa moindre hauteur au milieu de l'intervalle de ces deux plus petits flux; et l'eau acquerroit, dans le milieu de l'intervalle de sa plus grande, à sa moindre hauteur, une hauteur moyenne. Ainsi, dans l'espace de vingt-quatre heures, l'eau, dans ce port, ne s'éleveroit pas deux fois comme elle le fait ordinairement, mais elle

n'acquerroit qu'une fois sa plus grande et une fois sa plus petite hauteur.

2082. Si la lune décline vers le pole élevé sur l'horizon, la plus grande hauteur de l'eau sera la troisième, la sixième ou la neuvième heure après l'appulse ou le passage de la lune au méridien; et si la lune décline vers l'autre pole, le flux se changera en reflux.

2083. Aux embouchures des fleuves, le flux et le reflux sont encore différens (2036); car le courant du fleuve qui entre dans la mer, résiste au mouvement du flux de la mer, et aide son mouvement de reflux; et cette cause doit par conséquent faire durer le reflux plus long-temps que le flux; et c'est aussi ce qui arrive. C'est encore la raison pour laquelle, toutes choses d'ailleurs égales, les plus grands flux arrivent plus tard aux embouchures des fleuves qu'ailleurs.

2084. Nous avons dit ci-dessus que le flux et le reflux dépendoient de la déclinaison de l'astre (2049) et de la latitude du lieu (2042): ainsi, sous les poles, il ne doit y avoir ni flux ni reflux diurnes (2071 *et suiv.*); car la lune étant à-peu-près à la même élévation sur l'horizon pendant vingt-quatre heures, elle ne peut y élever les eaux plus dans un moment que dans l'autre. Mais dans ces régions, la mer a le flux et le reflux qui dépendent de la révolution de la lune autour de la terre chaque mois: ainsi la plus petite marée y arrive quand la lune est dans l'équateur, parce qu'alors elle est dans l'horizon pour les poles; ensuite le flux et le reflux commencent peu à peu, à mesure que la lune décline vers le nord ou vers le midi; et comme elle n'est jamais fort élevée au-dessus de l'horizon de ces

climats, la quantité dont elle y élève l'eau est très-petite, et à peine sensible (2071).

CHAPITRE XVIII.

Du Magnétisme.

2085. On appelle *magnétisme,* cette vertu qu'a l'aimant d'attirer le fer et l'acier, et de s'y attacher plus ou moins fortement, d'attirer ou de repousser un autre aimant, selon qu'ils se présentent l'un à l'autre par les poles de différens noms ou *amis,* ou par les poles de même nom ou *ennemis;* de diriger l'un de ses poles vers le nord et l'autre vers le sud; de ne pas suivre exactement en tout temps et en tout lieu la direction *nord* et *sud,* mais de décliner de quelques degrés, soit vers l'est, soit vers l'ouest; d'incliner un de ses poles vers la surface de la terre, et cela d'un nombre de degrés d'autant plus grand, que l'aimant est situé plus près d'un des poles de la terre; enfin de communiquer toutes ses propriétés au fer et l'acier; en sorte que ce fer ou cet acier soit, par-là, devenu capable de produire tous les phénomènes que produit l'aimant lui-même.

2086. L'aimant est une pierre qui tient un peu de la nature du fer. Cependant il a plutôt les caractères d'une pierre, que ceux d'un métal; il est cassant, il se calcine et se pulvérise; et il n'est ni malléable ni fusible. Il est bien vrai qu'il fond au foyer d'un verre ardent; mais il y fond à la manière des pierres, et en se vitrifiant.

2087. Chaque aimant a deux poles, dans lesquels réside la plus grande partie de sa vertu. Pour les reconnoître, et savoir où ils sont situés, on place l'aimant sur un morceau de glace polie, sous laquelle on a mis une feuille de papier blanc : on répand peu à peu sur cette glace de la limaille de fer autour de l'aimant, et on frappe doucement sur les bords de la glace, pour donner plus de mobilité aux molécules de limaille, et les mettre dans le cas d'obéir plus aisément aux écoulemens magnétiques. Aussitôt on voit la limaille prendre un arrangement régulier, tel qu'on peut l'observer dans la *figure* 302, dans laquelle la limaille est dirigée en lignes droites AA, BB, précisément vis-à-vis des poles, et en lignes courbes AEB, AEB, sur les côtés et en s'éloignant des poles; en sorte que les poles sont les points où convergent toutes ces différentes lignes droites et courbes.

2088. On trouve, mais rarement, des aimans qui ont plus de deux poles; ils en ont quatre et quelquefois six. J'en ai un qui a quatre poles, situés de manière que les deux lignes droites qui le traversent d'un pole à l'autre, se coupent à-peu-près à angles droits.

2089. On appelle *axe* de l'aimant la ligne droite AB qui le traverse d'un pole à l'autre; l'*équateur* de l'aimant est le plan perpendiculaire qui le partage par le milieu de son axe; et son méridien est le plan qui lui est perpendiculaire, suivant la longueur de son axe, et qui passe par conséquent par ses poles.

2090. Cette propriété de l'aimant, d'avoir des poles (2087), est comme essentielle à tous les aimans; car on aura beau diviser un aimant en tant de mor-

ceaux qu'on voudra, les deux poles se trouveront toujours dans chaque morceau.

2091. On a donné aux poles de l'aimant les mêmes noms qu'aux poles du monde, parce que l'aimant, lorsqu'il est libre de se mouvoir, a la propriété de diriger toujours ses poles vers ceux de notre globe ; c'est-à-dire, qu'un aimant, mobile sur son centre de gravité, ayant son axe parallèle à l'horizon, s'arrête constamment dans une situation telle, qu'un de ses poles regarde vers le nord, et l'autre vers le sud (2112) : et si on le dérange de cette situation, il ne cesse de se mouvoir et d'osciller jusqu'à ce qu'il ait repris sa première direction. En Angleterre on est convenu d'appeler *pole austral* ou *sud*, celui qui se dirige vers le nord, et *pole boréal* ou *nord*, celui qui se dirige vers le sud. Cette façon de s'exprimer n'est point en usage en France : on y appelle *pole nord*, le côté de l'aimant qui se dirige vers le nord, et *pole sud*, celui qui se dirige vers le sud.

2092. D'après ce que nous avons dit ci-dessus (2085), on voit que l'aimant a six propriétés, qui sont, l'*attraction*, la *répulsion*, la *direction*, la *déclinaison*, l'*inclinaison*, et la *communication*. Nous allons exposer les phénomènes de ces différentes propriétés.

2093. PREMIÈRE PROPRIÉTÉ. *Attraction*. L'aimant attire le fer et l'acier, et en est attiré, et ils s'attachent l'un à l'autre plus ou moins fortement. C'est par cette propriété que l'aimant a d'abord été connu. Si donc l'on présente à un aimant un morceau de fer ou d'acier, suspendu ou placé de façon à pouvoir se mouvoir aisément, il obéira à l'action de l'ai-

mant, il en sera attiré, et avec d'autant plus de force, qu'il en sera plus proche; de sorte que, lorsque ces deux substances se touchent, on ne peut les séparer sans effort. Les mêmes effets auront lieu, si à ce morceau de fer ou d'acier on présente un aimant qui ne soit retenu par aucun obstacle.

2094. Quoique l'aimant attire le fer et l'acier dans son état naturel, et sans aucune préparation, il a cependant une force attractive beaucoup plus grande lorsqu'il est armé. La raison en est sans doute que, lorsque l'aimant est nu et sans armure, la vertu de chacun de ses poles occupe un trop grand espace, étant distribuée dans toute l'étendue du côté de l'aimant où ce pole est situé. Il paroît que l'armure concentre cette vertu, ce qui augmente beaucoup sa puissance: et, comme les deux pieds de l'armure se trouvent placés sur le même côté, on a la faculté de faire agir les deux poles à la fois sur une seule et même masse de fer que l'on veut soulever.

2095. Pour armer un aimant avec le plus d'avantage, voici, à mon avis, la meilleure manière d'y procéder : elle est décrite par *Musschenbroëck*, dans son *Essai de Physique, tome I, page* 283. Après avoir trouvé les deux côtés de l'aimant où sont situés ses poles (2087), on scie ces deux côtés perpendiculairement à l'axe (2089), et parallèlement entr'eux, ensuite on les polit le mieux qu'il est possible, afin de pouvoir y appliquer d'autant mieux les armures. Pour cet effet, on peut d'abord frotter ces côtés sur une pierre à aiguiser, avec de l'eau, et les polir ensuite sur un morceau plat de glace de miroir, avec de l'eau et la pierre de Jutlande rougie au feu. Il faut sur-tout chercher à conserver, autant qu'il est pos-

sible, la plus grande longueur de l'axe de l'aimant (2089); car elle est d'une bien plus grande importance, et contribue beaucoup plus à la vertu attractive de l'aimant, que ne le fait sa hauteur ou son épaisseur.

2096. Lorsqu'on a donné à l'aimant la figure la plus avantageuse qu'il puisse avoir ,il faut travailler à former les armures. L'expérience a appris qu'elles doivent être faites de fer et non pas d'acier, et du fer le plus raffiné et le moins dur qu'on puisse trouver, et dans lequel il n'y ait point de paillettes. Il faut donc faire l'armure de fer flexible, seulement en l'alongeant, sans confondre ses parties, ou sans les battre l'une dans l'autre, afin que le fil du fer puisse rester droit : on fait, pour chaque côté des poles de l'aimant, une armure, à laquelle on donne cette figure (*fig.*303). A B est une plaque plate de fer, qui représente la jambe, laquelle doit être à-peu-près aussi longue que l'aimant est haut, et avoir autant de largeur CC, G G, que l'aimant a d'épaisseur. Sous cette jambe doit être placé le pied D S E de l'armure, qui est un morceau de fer posé en travers, et qui tombe à angle droit sur la jambe A B. Sa largeur D S restant partout la même, depuis le commencement B jusqu'à son extrémité D S, doit être les deux tiers de la largeur G G de la plaque, et avoir en hauteur S E autant qu'en largeur D S : sa longueur BS doit être les deux tiers de sa largeur D S. Il faut que ce pied aille en diminuant et en s'arrondissant sur les côtés, depuis S et D jusqu'en E, de sorte que la largeur de sa partie inférieure proche de E, ne soit qu'un tiers ou un quart de la largeur D S de sa partie supérieure.

2097. Il est très-important de donner à la jambe

AB une épaisseur convenable; car si on la fait trop épaisse ou trop mince, le pied D S E portera un moindre poids. Mais il est très-difficile de déterminer autrement que par l'essai, quelle doit être précisément cette épaisseur : il faut donc multiplier ces essais jusqu'à ce qu'on soit parvenu à une épreuve où l'aimant porte moins de poids qu'il n'en portoit à l'épreuve précédente. Pour cet effet, on prendra dans le même morceau de fer quatre pièces propres à faire quatre armures, deux desquelles seront rendues inutiles, comme on le va voir. On commence donc à travailler seulement ces deux pièces; pour cet effet, il faut bien polir le côté intérieur de chacune des jambes A B, ainsi que le côté supérieur B D S du pied, en sorte qu'on puisse les ajuster exactement sur les côtés des poles de l'aimant, ainsi que par-dessous, sans qu'il reste entre les armures et la pierre aucun intervalle. On fixe ainsi ces armures à l'aimant, en les serrant fortement avec un fil de laiton ou une ficelle, et l'on essaie quel est le poids de fer qui peut demeurer suspendu à la partie inférieure des pieds de l'armure. Après avoir tenu note de cette quantité de poids, de même que de la mesure précise de l'épaisseur de la plaque A B, on la rendra ensuite un peu plus mince, en la limant du côté extérieur seulement, et commençant par le haut, proche de A : on fait alors une seconde épreuve, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on parvienne à un essai où l'aimant porte un moindre poids qu'il ne portoit au précédent. C'est donc à l'épaisseur qu'avoient les jambes AB à l'épreuve précédente qu'il faut s'en tenir. On voit par-là que ces deux premières armures, qui ont servi à ces épreuves, ne peuvent plus être d'aucun usage, parce

qu'on les a rendues un peu trop minces par tous ces essais. Il faut alors travailler les deux autres pièces, et donner à chacune des jambes la même épaisseur que celle qu'on a trouvée auparavant être la meilleure de toutes.

2098. Nous avons dit (2097) qu'il faut prendre les quatre pièces d'armure dans le même morceau de fer: si on les faisoit de fers différens, il se pourroit bien faire que, pour avoir la meilleure épaisseur requise, il fallût leur en donner de différentes.

2099. Cela fait, on rend le haut C C de la jambe A B plus court que l'aïmant d'environ un tiers de ligne. On arrondit un peu le bout, proche de C C. Il faut aussi abattre les angles extérieurs de toute la jambe jusqu'à l'aimant, en les arrondissant. Si l'on n'a pas cette attention, on trouvera que la vertu attractive de l'aimant semble se déterminer vers tous les angles; ce qui l'empêche de s'introduire en entier dans le pied; ce qui est cependant l'unique but qu'on se propose. On a encore observé que les jambes doivent être plus minces en haut, et plus épaisses en bas, près du pied.

2100. Pour faire bien appliquer les armures contre les deux côtés de l'aimant, on se sert de deux bandes de cuivre E, F (*fig.* 304), qui entourent l'aimant, l'une E à la partie supérieure, et l'autre F à la partie inférieure de l'armure, et que l'on serre fortement chacune par le moyen d'une vis de cuivre qui en traverse les extrémités.

2101. On peut suspendre l'aimant, ainsi armé, de différentes manières; par exemple, en attachant deux petites chevilles à tête à la bande supérieure E,

auxquelles on fixe une penture ou belière de cuivre G, au milieu de laquelle on fait passer la queue d'un anneau H, qui peut tourner dans cette belière. De cette manière l'aimant est suspendu par l'anneau, et tourne comme on veut.

2102. Il faut aussi donner à l'aimant, ainsi armé, un *portant* ABCD de fer doux et flexible, que l'on met sous les pieds de l'armure, et auquel on suspend les poids qui peuvent être soulevés par l'aimant. Il est nécessaire de donner à ce portant une figure et des dimensions convenables, ainsi que nous l'avons dit (2097) relativement aux jambes et aux pieds des armures. Ce portant doit être fait d'un fer bien raffiné, qui ne doit être doublé en aucun endroit, ni fendu ou rompu. Il doit être un peu plus large que la base inférieure des pieds de l'armure. Sa longueur doit avoir environ 10 millimètres (4 ou 5 lignes) de plus que la distance qui se trouve entre les faces extérieures C et D des pieds de l'armure. Quant à sa hauteur BC, il n'y a que l'épreuve qui puisse apprendre quelle elle doit être; car il se rencontre des aimans qui exigent un portant deux fois aussi hautque celui qu'exigent d'autres aimans, sans qu'on en puisse decouvrir la raison : il faut donc que le portant n'ait ni trop, ni trop peu de hauteur. On doit donc en chercher la meilleur hauteur, en en rendant un inutile, comme nous avons dit (2097) qu'on le doit faire pour les armures, et en faisant un second portant du même fer, et qui ait précisément la hauteur que l'on a trouvée être la meilleure de toutes.

2103. Pour ce qui est de sa figure, voici ce qu'il faut observer. La surface supérieure DC du portant

doit être bien polie, et avoir des angles aigus et non arrondis; mais les angles du côté inférieur A B peuvent être arrondis : il vaudroit cependant mieux que les extrémités D A, C B, fussent quarrées, en sorte que le portant eût la figure d'un parallélipipède rectangle, que d'être seulement arrondies à demi. Mais si l'on donne au portant la figure A B C D que l'on voit ici représentée, l'aimant portera plus de poids que si on lui donnoit toute autre figure.

2104. L'on fait au milieu de la partie inférieure A B du portant, un trou très-évasé par-dehors de chaque côté, qui va par conséquent en diminuant de diamètre vers le milieu de l'épaisseur du portant, et dans lequel on passe un crochet L, auquel on suspend le bassin qui porte les poids que l'aimant doit soulever.

2105. L'aimant n'a d'action que sur le fer et l'acier : si quelques autres substances sont attirables par l'aimant, on doit être sûr qu'elles contiennent du fer. Le platine, par exemple, est attirable à l'aimant, par le fer qui lui est uni; car lorsqu'il en est bien purgé, il n'est plus attirable. Tout ce qui peut s'attacher à l'aimant, n'est donc pas nécesssairement fer; il suffit que cela en contienne : ainsi le portant étant de fer, le poids soulevé peut être de toute autre chose. Puisque l'aimant n'a de prise que sur le fer, on peut s'en servir pour séparer ce métal des autres auxquels il se trouve mêlé : cela peut avoir son utilité.

2106. SECONDE PROPRIÉTÉ. *Répulsion.* Deux aimans se repoussent ou s'attirent mutuellement, selon la façon dont on les présente l'un à l'autre. Si

on les présente par les poles de mêmes noms, ils se repoussent; si au contraire on les présente par les poles de noms différens, ils s'attirent. Si donc l'on présente l'un à l'autre les deux poles méridionaux de deux aimans, ou bien leurs deux poles septentrionaux, ces deux aimans se repousseront mutuellement, s'éloigneront l'un de l'autre, se fuiront, et cela avec d'autant plus de force, qu'ils seront plus près l'un de l'autre, et d'autant plus foiblement, qu'ils se trouveront à une plus grande distance : ils s'attirent cependant quelquefois lorsqu'ils se touchent réciproquement, sur-tout si l'un des deux est beaucoup plus fort que l'autre.

2107. On prétend que la cause de cette répulsion est que la matière magnétique, qu'on dit sortir du pole *nord* d'un aimant, ne peut s'introduire dans le pole *nord* d'un autre aimant qu'on lui présente, sans doute à cause de la configuration des pores; et qu'en conséquence cette matière, en sortant d'un des aimans et s'appuyant contre l'autre, le repouse. Mais on ne pourra pas expliquer par la même cause la répulsion des deux poles sud, puisqu'on prétend que la matière magnétique ne fait qu'entrer par ces poles, et n'en sort point.

2108. Si l'on divise un aimant A B (*fig.* 305) en deux parties, suivant la longueur de son axe D D, ces deux parties S A N, S B N, qui étoient unies auparavant, se repoussent l'une et l'autre; car, en divisant l'aimant suivant la longueur de son axe D D, les poles S et N n'ont point changé de place; donc, après la division, le pole nord N de la partie S A N se trouve placé auprès du pole nord N de la partie S B N : il en est de même de l'autre pole; le pole sud S

de la partie S A N se trouve placé auprès du pole sud S de la partie S B N : ces deux parties, qui étoient d'abord réunies, doivent donc se fuir après la division, puisque les poles de mêmes noms se repoussent (2106).

2109. Si au contraire l'on coupe un aimant E F (*fig.* 306) perpendiculairement à son axe S N, c'est-à-dire, par son équateur E F, les deux points qui étoient ci-devant réunis, deviennent deux poles de noms différens, et par conséquent s'attirent (2106); car le pole nord *n* de la partie E S F se trouve placé devant le pole sud S de la partie E N F.

2110. Les phénomènes de l'attraction et de la répulsion réciproques de deux aimans, ou de deux barreaux d'acier aimantés (2123), sont ceux qui ont le plus excité l'admiration des physiciens, et qui ont fait dire à quelques-uns des anciens, que l'aimant étoit animé. En effet, qu'y a-t-il de plus singulier que de voir deux aimans se porter l'un vers l'autre comme par sympathie; s'approcher avec vîtesse comme par empressement; s'unir par un côté déterminé au point de ne se laisser séparer que par une force quelquefois considérable; témoigner ensuite dans une autre situation, une haine réciproque qui les agite tant qu'ils sont en présence; se fuir avec autant de vîtesse qu'ils s'étoient recherchés, et n'être tranquilles que lorsqu'ils sont éloignés l'un de l'autre? Ce sont cependant les circonstances des phénomènes de l'attraction et de la répulsion des aimans, comme il est facile de s'en convaincre par l'expérience, en les placant de manière qu'ils puissent être très-mobiles.

2111. Tous ces effets d'attraction et de répulsion réciproques des aimans, ainsi que l'attraction de l'aimant et du fer, ne sont arrêtés par l'interposition d'aucun corps solide ou fluide. Il n'y a qu'une trop grande distance qui empêche ces effets. Quelques physiciens ont cependant prétendu que le fer interposé entre deux aimans, affoiblissoit leurs forces attractives et répulsives : j'ai toujours éprouvé précisément le contraire.

2112. TROISIÈME PROPRIÉTÉ. *Direction.* L'aimant dirige l'un de ses poles vers le nord, et l'autre vers le sud. Ainsi, lorsqu'on abandonne un aimant à lui-même, et qu'il est entièrement libre, en sorte qu'il puisse se mouvoir sans aucun empêchement, soit qu'on le suspende a une corde tressée et non filée, soit qu'on le mette dans un petit vase sur l'eau, l'un de ses poles se tourne alors vers le *nord*, et l'autre se tourne vers le *sud*. Une aiguille de boussole (2182), libre sur son pivot, et qui a été aimantée, se meut, et tourne l'une de ses extrémités vers le *nord* et l'autre vers le *midi*, de la même manière que l'aimant y tourne ses poles.

2113. Cette propriété de direction est sans doute la plus utile de toutes celles de l'aimant; et son utilité est aisée à saisir. Une aiguille qui se dirige constamment vers quelque point déterminé de l'horizon, peut servir à s'orienter dans un lieu où l'on ne voit pas le ciel. C'est le cas d'un voyageur qui est dans un vaisseau pendant un temps obscur : car, dans un temps serein, on dirige la route d'un vaisseau par l'inspection des astres ; mais quand le ciel devient couvert, il faut avoir recours à la boussole (2182),

qui, par la direction de son aiguille, indique la route qu'on doit suivre. Il est aisé de voir par-là que l'origine de la boussole, si utile aux navigateurs, n'est qu'une heureuse application de cette propriété de l'aimant.

2114. QUATRIÈME PROPRIÉTÉ. *Déclinaison.* Quelque avantage que l'on tire de la direction de l'aimant par le moyen de la boussole (2182), son usage est encore très-défectueux, à cause de la variation de sa déclinaison. L'aimant, qui a la propriété de diriger l'un de ses poles vers le nord et l'autre vers le sud (2112), s'écarte souvent de cette direction, et ne tend pas vers le vrai nord : c'est cet écart qu'on appelle *déclinaison*. On entend par-là que le pole de l'aimant (2087) s'éloigne du nord, ou ce qui est la même chose, de la ligne méridienne du lieu où l'on est : il s'en écarte plus ou moins, soit vers l'est, soit vers l'ouest. Cette déclinaison se mesure par l'arc d'un cercle parallèle à l'horizon, compris entre la ligne méridienne du lieu où l'on observe et la direction actuelle de l'axe de l'aimant (2089).

2115. Si cette déclinaison étoit constante, elle cesseroit d'être une défectuosité, ou du moins elle en seroit une très-légère, et de laquelle il seroit aisé de tenir compte. Mais, non-seulement elle est différente en différens endroits, elle varie encore continuellement, soit pour les lieux, soit pour les temps : et sa variation ne suit aucune loi connue. Il est cependant vrai que depuis plus d'un siècle et demi, l'aiguille aimentée décline à Paris tous les ans, du même sens, d'environ 10 minutes : car, en 1610, elle y déclinoit de 8 degrés vers l'est, et en 1787, de 21 degrés 56 mi-

nutes vers l'ouest; en sorte qu'elle a varié de 29 degrés 56 minutes dans l'intervalle de 177 ans.

2116. Il y a cependant quelques endroits de la terre où l'aiguille aimantée se dirige directement vers le nord et le midi : elle décline partout ailleurs, soit vers l'orient, soit vers l'occident ; ce qui fait qu'on distingue cette *déclinaison* en *orientale* et en *occidentale*.

2117. M. *Halley* a construit une carte (*voy. l'Essai de Phys. de Musschenbroech, pl.* XXIX) sur laquelle sont marquées les déclinaisons de l'aiguille aimantée, telles qu'elles étoient en 1700 dans tous les endroits de la terre, depuis le soixantième degré de latitude (1907) septentrionale jusqu'au soixantième degré de latitude méridionale. Il se trouvoit alors trois lignes sur la terre où il n'y avoit point de déclinaison. Une de ces lignes commençoit à la Caroline en Amérique, et passoit par l'Océan Atlantique et la mer Ethiopique. Une autre commençoit à la Chine, d'où elle se rendoit du côté du midi, en passant entre les îles Philippines et celles de Bornéo, et par la Nouvelle-Hollande. Enfin une troisième se trouvoit dans la mer du Sud, commençoit à la Californie, et s'étendoit du côté de la mer Pacifique.

2118. On a aussi observé depuis quelques années, que la déclinaison de l'aiguille aimantée étoit sujette à une variation diurne, qui la portoit le matin vers l'ouest, et le soir vers l'est. En 1787, sa plus grande variation a été observée à Paris, en septembre, de 19′ 10″; et en décembre, de 10′ 57″.

2119. CINQUIÈME PROPRIÉTÉ. *Inclinaison.* L'aimant n'a pas seulement un mouvement horizontal par

lequel son axe (2089) fait un angle avec la ligne méridienne : il en a aussi un vertical, par lequel le même axe fait un autre angle avec le plan de l'horizon ; de sorte qu'une des extrémités de cet axe s'incline vers la terre. Pour vous en assurer, prenez un aimant auquel on aura donné une figure sphérique, mettez-le flotter sur du mercure ; son axe s'inclinera constamment à l'horizon. On peut l'éprouver de même avec une aiguille aimantée. Pour cela, il faut passer un axe CD (*fig.* 307) au travers d'une aiguille SN : que cet axe soit bien perpendiculaire à la longueur de l'aiguille, et qu'il passe exactement par son centre de gravité ; que ses tourillons soient exactement ronds et bien polis, et du plus petit diamètre que le permettra la pesanteur de l'aiguille. Enfin, que cet axe roule sur deux plans bien horizontaux, très-durs et très-polis : de manière que cette aiguille soit placée comme un fléau de balance. Après l'avoir mise bien en équilibre avec elle-même, en rendant ses deux moitiés également pesantes, on lui communiquera la vertu magnétique en la frottant sur les poles d'un bon aimant (2087). Alors cette partie N de l'aiguille, qui se dirige vers le nord, s'inclinera à l'horizon dans notre hémisphère septentrional ; et dans l'hémisphère méridional, ce sera la partie S de l'aiguille qui se dirige vers le sud, qui s'abaissera vers la terre. C'est cette abaissement ou dépression de l'aiguille que l'on nomme *inclinaison.*

2120. Cette aiguille fait donc alors un angle avec le plan de l'horizon ; et cet angle se mesure par l'arc d'un cercle vertical, compris entre la ligne horizontale et la direction actuelle de l'aiguille. Pour mesurer commodément cet angle, on élève verticalement,

sur le pied de l'aiguille, une portion de cercle AE divisée en degrés, etc. et l'on place l'aiguille dans la direction convenable au lieu où l'on est. Le nombre de degrés, ou l'arc AB de ce cercle vertical, compris entre la ligne horizontale CA et la direction actuelle SB de l'aiguille, donne son inclinaison pour le lieu où on l'observe. En 1787, elle a été observée à Paris de 71 degrés.

2121. Cette inclinaison varie beaucoup dans les différentes régions de notre globe, et cela sans suivre aucune loi connue, si ce n'est qu'elle va toujours en augmentant à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur et qu'on s'approche de l'un des poles : de sorte que cette inclinaison est d'autant plus considérable, que l'aiguille est plus proche des poles de la terre, et d'autant moindre qu'elle est plus proche de l'équateur; en sorte que, sous la ligne, l'aiguille est parfaitement horizontale. Cette inclinaison varie aussi dans les différens temps de l'année, et dans les différentes heures du jour.

2122. Les navigateurs sont fâchés que l'aimant soit si riche en propriétés; ils ne regardent pas plus favorablement son inclinaison que sa déclinaison. Lorsqu'ils vont de l'équateur vers l'un des pôles, l'aiguille de leur boussole (2182) reçoit quelques degrés de cette inclinaison; ce qui, l'empêchant de demeurer horizontale, lui ôte une partie de sa mobilité. Pour remédier à cet inconvénient, les pilotes ajoutent un peu de poids vers l'extrémité de l'aiguille opposée à celle qui s'incline, en faisant tomber dessus quelques gouttes de cire. C'est ce qu'on appelle *rappeler la rosette.*

2123. Sixième propriété. *Communication.* Lorsqu'on frotte une lame de fer ou d'acier sur un aimant, sur ses pôles ou sur les pieds de son armure, ce fer ou cet acier acquiert une vertu magnétique, et devient comme un autre aimant, en ayant toutes les propriétés; enfin il est un aimant lui-même. Il a des poles; il attire le fer et l'acier; il repousse un autre aimant ou une aiguille aimantée qui se présente à un de ses poles par son pole de même nom; il dirige l'un de ses poles vers le nord, et l'autre vers le sud; il décline vers l'orient ou l'occident, selon le lieu dans lequel il se trouve; il incline l'un de ses poles à l'horizon; savoir, son pole nord dans l'hémisphère septentrionale, et son pale sud dans l'hémisphère méridional; enfin il est capable de communiquer toutes ces propriétés à un autre fer ou à un autre acier, de même que le pourroit faire un aimant lui-même. Ce fer ou cet acier ainsi aimanté, s'appelle *aimant artificiel.*

2124. Au premier contact du fer contre l'aimant, la vertu magnétique se communique; mais un contact réitéré jusqu'à un certain point augmente la vertu communiquée. Cependant si l'on frottoit le fer contre l'aimant en sens contraire de celui dans lequel on l'a frotté d'abord, cela feroit perdre, ou du moins diminueroit la vertu.

2125. La communication de la vertu magnétique n'épuise en aucune manière sensible l'aimant dont on emprunte la vertu. Quel que soit le nombre de lames de fer ou d'acier qu'on aimante avec une même pierre, on ne diminue rien de sa force; on voit même quelquefois des aimans qui donnent au fer plus de

de vertu attractive qu'ils n'en ont eux-mêmes, sans que pour cela leur force paroisse diminuer. La vertu magnétique dans les aimans, soit naturels, soit artificiels, peut s'affoiblir par d'autres causes : par exemple, par succession de temps; par des secousses violentes; par la rouille des armures; par l'action du feu; par le voisinage d'un autre aimant; par une position désavantageuse et de longue durée.

2126. Le fer ne s'enrichit pas non plus aux dépens de l'aimant, quelque vertu qu'il acquière : car on a pesé exactement une lame d'acier polie et un aimant armé (2095 *et suiv.*); et après avoir tenu note du poids de chacun séparément, on a aimanté la lame : après l'opération, on a trouvé le poids de chacun de ces corps exactement le même.

2127. Ce ne sont pas toujours les aimans qui ont le plus de vertu attractive, c'est-à-dire, qui lèvent les plus grands poids, qui communiquent le plus de vertu : l'expérience a appris que des aimans, qui n'ont que peu de vertu attractive, en communiquent cependant une très-forte au fer ou à l'acier qu'ils touchent. Aussi distingue-t-on les aimans en *généreux* et en *vigoureux*. On appelle *généreux*, ceux qui communiquent aisément et fortement leur vertu ; et l'on nomme *vigoureux*, ceux qui portent un poids considérable, eu égard à leur grosseur.

2128. On a imaginé plusieurs méthodes, moyennant lesquelles on communique au fer et sur-tout à l'acier une très-grande vertu magnétique. Ces méthodes ont été inventées, 1°. par *Knight*, médecin à Londres; 2°. par *Canton*, de la société royale de Londres; 3°. par *Mitchell*, membre du collége

de la reine à Cambridge; 4°. par *Pierre le Maire*, ingénieur pour les instrumens de mathématiques à Paris; 5°. par *Duhamel*, de l'académie des sciences de Paris; 6°. par *Antheaume*, syndic des tontines, à Paris.

2129. *Méthode de Knight.* On ne sait de la méthode de *Knight*, que la manière dont il procéda en présence de la société royale de Londres, pour aimanter deux aiguilles de boussole de mer, avec deux de ses barreaux magnétiques, longs de 15 pouces, et déjà aimantés. Voici cette méthode. Il prit deux barreaux magnétiques A, B, (*fig.* 308); il les aligna tous deux, et les mit en contact par les poles de différens noms, l'un se présentant à l'autre par son pole nord *n*, et l'autre se présentant au premier par son pole sud *s*. Ensuite il posa sur le milieu de ces deux barreaux, une aiguille *aa*, de façon que son centre se trouva directement au-dessus de la ligne de contact des deux barreaux. L'aiguille étant posée de cette façon, on appuya, avec le doigt, sur son centre, et on tira les barreaux chacun de leur côté, en les séparant l'un de l'autre, et les faisant glisser sous l'aiguille, laquelle acquit, par cette seule friction, la plus forte vertu magnétique proportionnée à sa masse.

2130. *Méthode de Canton.* Prenez une douzaine de lames, dont six d'acier non trempé, ayant 3 pouces (81 millimètres) de long, un quart de pouce (7 millimètres) de large, et un vingtième de pouce (1,353 m.mt.) d'épais, avec deux morceaux de fer de même largeur et épaisseur que ces lames, mais de la moitié plus courts; que les six autres lames soient

d'acier trempé de tout son dur, et ayent chacune 5 pouces et demi (149 millimètres) de long, un demi-pouce (13,535 m.mt.) de large, et trois vingtièmes de pouce (4 millimètres) d'épais, avec deux morceaux de fer précisément de même par rapport à ces lames, que sont les deux premiers, par rapport aux leurs. Il faut de plus que toutes ces lames soient marquées tout autour, vers l'une de leurs extrémités. Ayant communiqué la vertu magnétique à quatre de ces lames d'acier non trempé, couchez les deux autres parallèlement sur une table (*fig.* 309) entre les deux morceaux de fer qui leur appartiennent, de façon que ces deux lames soient distantes l'une de l'autre d'un quart de pouce (7 m.mt.); et que le bout marqué de l'une, destiné à devenir son pole du *nord* (*c'est, selon la manière de s'exprimer des Anglais, son pole du sud*), et le bout non marqué de l'autre, destiné à devenir son pole du sud, reposent contre le même morceau de fer; et de même les deux autres extrémités contre l'autre morceau de fer. Ensuite prenez deux des quatre lames déjà aimantées; placez-les ensemble l'une sur l'autre, en sorte qu'elles forment comme une seule lame d'une double épaisseur, le pole du nord de l'une répondant au pole du sud de l'autre; et posez les deux autres dessus les premières, tellement qu'il se trouve deux poles du sud et deux poles du nord ensemble. Enfin, entre l'une des deux extrémités de ces lames, mettez une grosse épingle *e*, pour séparer le pole du nord du pole du sud; et cette extrémité étant tournée en en-bas, placez ces lames perpendiculairement sur le milieu d'une des lames horizontales, de sorte que le pole du nord de celle-ci réponde au pole

du sud des verticales, et que son pole du sud réponde à leur pole du nord. Tout étant ainsi disposé, faites glisser les verticales quatre ou cinq fois sur la lame horizontale, en allant et venant d'un bout à l'autre, et les ôtant ensuite de dessus cette lame par le milieu : répétez la même opération sur l'autre; après quoi retournez-les toutes les deux, et frottez-les de même sur l'autre côté. Ceci étant fait, ôtez ces deux lames d'entre les morceaux de fer ; substituez à leur place les deux les plus extérieures des verticales, et faites, des deux lames verticales restantes, et des deux horizontales, un faisceau tout semblable au premier, en observant seulement que les premières verticales soient alors les plus extérieures : ensuite de quoi vous frotterez avec celle-ci, comme auparavant, les deux autres que vous venez de placer horizontalement. Vous répéterez ce procédé jusqu'à ce que chacune de ces lames ait été touchée quatre ou cinq fois; ce qui leur donnera une très-grand vertu magnétique.

2131. Pour aimanter avec ces lames celles d'acier trempé, disposez-les toutes les six comme les quatre verticales dont nous venons de parler (2130), et frottez ou touchez successivement, avec ces six lames, quatre de celles d'acier trempé, placées horizontalement, comme ci-dessus, entre leurs morceaux de fer à une distance d'un quart de pouce (7 m.mt.) l'une de l'autre. Ayant ainsi communiqué, à ces quatre lames d'acier trempé, une vertu magnétique suffisante, rejetez les six petites, et servez-vous de ces quatre dernières pour aimanter, selon la méthode précédente (2130), les deux lames d'acier trempé qui restent, et ensuite

les deux extérieures des verticales, etc. comme ci-dessus.

2132. On doit faire attention à ne jamais séparer, par en bas, les lames verticales d'acier trempé, que lorsqu'elles sont sur la lame horizontale; et il faut les rapprocher l'une contre l'autre avant de les en ôter. De plus, leur intervalle doit être de deux deuxièmes de pouce (m.mt. 5,4). Tout ceci étant observé, on procédera, suivant ce que nous avons dit ci-dessus (2130), jusqu'à ce que ces six lames ayent été touchées chacune deux ou trois fois.

2133. Comme la touche verticale ne communique pas aux lames, dit *Canton*, toute la vertu magnétique dont elles sont susceptibles, il faut, pour le faire, les poser parallèlement, comme ci-dessus, entre leurs morceaux de fer (*fig.* 510), et les frotter avec deux autres lames posées à-peu-près horizontalement; lesquelles lames on tire en même temps, en partant du milieu, l'une ayant son pole du nord sur la partie sud de la lame couchée, et l'autre ayant son pole sud sur la partie nord de cette même lame. On répétera la même opération jusqu'à trois ou quatre fois sur chacun des côtés de cette lame, en observant de rapporter toujours au milieu les lames frottantes, sans qu'elles se touchent l'une et l'autre. Par ce moyen, dit encore *Canton*, la lame couchée acquiert la plus grande vertu magnétique qu'elle soit susceptible d'acquérir : ce que l'on prouve par l'impossibilité où l'on est de lui en communiquer davantage, soit en l'aimantant par la *touche verticale*, avec un plus grand nombre de lames, ou par la *touche horizontale*, avec des lames qui ayent plus de vertu. On

peut communiquer à chacune de ces lames, si elles sont bien trempées, une assez grande vertu magnétique, pour qu'elles portent un poids de 28 onces (856635 milligrammes) et même davantage.

2134. Lorsqu'une fois ces lames sont bien aimantées, elles en aimantent d'autres trempées, et toutes semblables, aussi fortement qu'elles peuvent l'être en moins de deux minutes. C'est pourquoi elles peuvent satisfaire à tous les besoins que l'on en a, soit pour la marine, soit pour la Physique expérimentale, beaucoup mieux que les aimans naturels, qui, comme l'on sait, ne sont pas assez vigoureux pour aimanter des lames trempées (2168). Ces lames conservent très-bien leur vertu, en les mettant dans un étui (*voyez fig.* 311), de façon que les deux poles de mêmes noms ne se trouvent point ensemble, et que les deux morceaux de fer soient couchés dessus, comme une lame de plus.

2135. *Methode de Mitchell.* Préparez une douzaine de lames d'acier commun, longues chacune de 6 pouces (162 millimètres), et larges de 6 lignes (13 ½ millimètres), sur un peu plus de 2 lignes (4 ½ millimètres) d'épaisseur : trempez-les, et prenez garde que le feu ne soit ni trop vif, ni trop lent, l'un et l'autre extrême étant nuisibles. Ces lames doivent être marquées à l'une de leurs extrémités, afin de pouvoir distinguer l'une de l'autre. Pour cela, il suffira d'y donner un seul coup de ciseau dans le temps qu'elles sont encore chaudes. Après avoir trempé ces lames, il faut en éclaircir les extrémités sur une meule à aiguiser les rasoirs : c'est le moyen de les rendre plus propres à soulever un poids, et peut-

être de les rendre un peu meilleures pour aimanter des aiguilles. On peut, pour la propreté, faire polir de même la lame en entier, quoique cela ne soit pas nécessaire. Les proportions qu'on vient de proposer, sont celles qui paroissent convenir le mieux : cela n'empêche cependant pas qu'on ne puisse faire des lames d'un autre volume et d'une autre forme, pourvu que l'on observe, entre leur longueur et leur poids, les proportions indiquées dans la table suivante :

PIEDS.	POUCES.	LIVRES.	ONCES.
0	6	0	1 $\frac{3}{4}$
0	8	0	4
0	10	0	7
1	0	0	11
1	6	2	0
2	0	4	3
2	6	7	8
3	0	12	0
4	0	25	0
5	0	45	8
6	0	73	0

EN MESURES DÉCIMALES.

MILLIMÈTRES.	MILLIGRAMMES.
162	53550
217	122376
271	214159
325	336535
487	979012
650	2049806
812	3671294
975	5874070
1299	12237646
1624	22027763
1949	35733927

2136. Les lames d'acier étant préparées comme nous venons de le dire, il faut travailler à placer le pole du *nord* à l'extrémité marquée, et le pole du *sud* à celle qui ne l'est pas. Pour cela faire, rangez une demi-douzaine de ces lames, de manière qu'elles forment une ligne *nord* et *sud*, et que le bout de la première, qui n'est pas marqué, touche le bout marqué de la suivante, et ainsi de suite, faisant attention que les bouts marqués de toutes ces lames soient tournés vers le nord. Cela fait, prenez un aimant armé (2095 *et suiv.*) et placez ses deux poles sur la première des six lames, le pole du *sud* vers le bout marqué de la lame, qui est destiné à devenir le pole du *nord*, et le pole du *nord* de l'aimant vers le bout non marqué de la lame, qui est destiné à devenir le pole du *sud*. Coulez ensuite la pierre sur la ligne des lames d'un bout à l'autre trois à quatre fois, prenant garde qu'elles en soient toutes touchées. Après cette

première opération, ôtez de leur place les deux lames du milieu; placez-les aux deux extrémités de la ligne, et substituez en leur place celles qui auparavant terminoient la ligne, en conservant toujours la même disposition par rapport aux bouts marqués et non marqués; faites alors glisser votre pierre dans le même sens que ci-devant sur les quatre lames du milieu seulement, sans aller jusqu'au bout de la ligne, parce que les lames qui la terminent actuellement de chaque côté, et qui étoient auparavant au milieu, ont déjà acquis plus de vertu qu'elles ne pourroient en recevoir dans l'endroit où elles sont présentement, et que, bien loin d'acquérir une augmentation de vertu, elles perdroient peut-être quelque chose de celle qu'elles ont déjà, si on les aimantoit de nouveau. Après avoir aimanté le dessus de ces six lames selon les règles que nous venons de prescrire, il faut retourner la ligne entière des lames, afin d'en aimanter le dessous de la même manière qu'on en a aimanté le dessus : il ne faudra cependant pas faire couler la pierre d'un bout de la ligne à l'autre, dans cette seconde opération, il faudra se contenter de la faire passer sur la seconde, la troisième, la quatrième et la cinquième lames : vous transporterez ensuite au milieu les deux lames qui terminoient la ligne, mettant à leur place celles qui étoient au milieu; vous les aimanterez de même chacune à leur tour.

2137. Si vous n'avez point d'aimant armé, prenez-en un qui ne le soit pas, et rangeant, comme ci-dessus, vos lames sur une ligne, placez le pole du *nord* de votre aimant sur l'extrémité marquée de la lame la plus éloignée, et faites-le glisser jusqu'au bout sur la ligne entière des lames. Après quoi tournez

votre aimant, et changeant de pole, mettez celui du *sud*, non pas à l'extrémité, mais à-peu-près au milieu de la lame qui vient d'être touchée la dernière : faites-le glisser dessus de nouveau jusqu'au milieu de la première. Là, changez encore de pole, et, prenant garde de placer toujours votre aimant au milieu, faites-le glisser encore jusqu'au bout, comme la première fois; ce que vous répéterez à quatre ou cinq reprises. Vous placerez ensuite au milieu les deux lames qui jusqu'alors terminoient la ligne; et mettant le pole du *nord* de votre aimant sur l'extrémité marquée de ces deux lames, vous ferez couler votre aimant jusqu'à l'extrémité qui n'est pas marquée. Placez ensuite le pole du *sud* sur le bout qui n'est pas marqué, et faites-le couler jusqu'au bout marqué; ce que vous répéterez trois à quatre fois. Vous retournerez après cela la ligne entière des lames, pour en aimanter le dessous de la même façon.

2138. Après avoir communiqué, ainsi que nous venons de le dire (2136, 2137), un petit degré de vertu magnétique à une demi-douzaine de ces lames, rangez l'autre demi-douzaine, qui n'a point encore été aimantée, sur une ligne AB (*fig.* 512), de la même façon que vous avez rangé la première demi-douzaine déjà aimantée. Le bout marqué des lames, destiné à devenir le pole du *nord*, est tourné vers B; et le bout non marqué, destiné à devenir le pole du *sud*, est tourné vers A. Divisez ensuite la demi-douzaine des lames déjà aimantées en deux faisceaux, dont le premier CD en contient trois, et les trois autres composent le second faisceau EF. Elles s'appuient les unes contre les autres par le haut, et elles sont séparées par le bas au moyen d'un petit morceau de

bois (ou de telle autre matière qu'on voudra, pourvu que ce ne soit pas du fer) qui a une ligne (2 ¼ millimètres) ou un peu plus d'épaisseur. Les trois aimans ou lames qui composent le faisceau CD, lequel est placé vers le bout non marqué des lames à aimanter, ces trois lames, dis-je, ont leurs poles du *nord* placés en en-bas; et leurs extrémités qui ne sont pas marquées, c'est-à-dire, leurs poles du *sud*, placés en en-haut. Au contraire, les trois lames du faisceau E F, lequel est placé vers le bout marqué des lames à aimanter, ont en en-bas leurs poles du *sud*, et en en-haut leurs poles du *nord*. Ces six lames aimantées étant ainsi disposées, faites-les glisser trois à quatre fois d'un bout à l'autre dans toute la longueur de la ligne, opérant avec ces lames de la même façon que si elles étoient un véritable aimant. Après quoi, placez au milieu de la ligne, comme on l'a dit ci-dessus (2136), les deux lames qui ont été jusqu'alors aux extrémités, etc.

2139. Si les six lames aimantées en premier lieu ont reçu de l'aimant dont on s'est servi au commencement, un degré suffisant de vertu, cette seconde demi-douzaine, par les moyens que nous venons de recommander (2138), recevra une vertu bien plus forte que celle des premières lames dont on vient de se servir pour les aimanter. C'est pour cela, dit *Mitchell*, que vous ferez bien maintenant de placer cette première demi-douzaine sur une ligne, et de l'aimanter à son tour par le secours de la dernière demi-douzaine, à laquelle elle vient elle-même de communiquer la vertu magnétique. Et en leur faisant ainsi changer de rôle, servez-vous tour-à-tour d'une de ces deux demi-douzaines pour aimanter l'autre, jusqu'à ce que toutes ces lames aient reçu autant de vertu qu'elles en peuvent

conserver; ce que vous connoîtrez, quand la répétition de ces opérations ne leur donnera plus aucune augmentation de force. Des lames de six pouces (162 millimètres), aimantées selon ces règles, et bien trempées, doivent porter chacune, par un seul de leurs poles, un poids de fer d'une livre (489506 milligrammes), ou même davantage.

2140. Dans la méthode de *Mitchell*, les six lames aimantées dont on fait usage pour aimanter les autres, doivent être placées trois d'un côté, comme nous l'avons déjà dit (2138), ayant leurs poles du *nord* en en-bas, tandis que les trois de l'autre côté auront en en-bas leurs poles du *sud*. Mais, comme il arrive que, quand divers aimans réunis ont leurs poles de mêmes noms placés du même côté, ces aimans se nuisent ordinairement les uns aux autres, à moins qu'on ne vienne à bout de les en empêcher par une opposition d'action; *Mitchell* recommande comme une précaution absolument nécessaire, et à laquelle on ne sauroit faire trop d'attention, de ne jamais placer en même temps deux lames d'un même côté; mais il faut, dit-il, les mettre une à une. Ainsi, en plaçant la première du faisceau CD, il faut placer en même temps la première du faisceau EF, et ainsi des autres. On doit aussi les déplacer avec les mêmes précautions. Pour en faire usage, on fait que les deux faisceaux se touchent d'un bout à l'autre; et on ne les sépare par le bas, que quand ils sont placés sur la ligne qu'ils doivent aimanter. (Voyez le *Traité des Aimans artificiels* du P. Rivoire.)

2141. *Méthode de Pierre Le Maire.* Elle consiste à placer le barreau d'acier qu'on veut aimanter, sur

un autre de même métal beaucoup plus long, et déjà aimanté; en aimantant le petit barreau dans cette position, on lui communique beaucoup plus de vertu, que si on l'aimantoit seul. Le procédé de *Le Maire* est rapporté par *Duhamel*, dans les *Mém. de l'Acad. des Sciences, année* 1745.

2142. *Méthode de Duhamel.* Cette méthode consiste à se procurer quatre grandes barres et deux petites, les unes et les autres du meilleur acier d'Angleterre. Les grandes barres auront au moins 2 pieds 6 pouces (812 millimètres) de longueur, 13 à 14 lignes (environ 30 millimètres) de largeur, et 6 lignes ($13\frac{1}{2}$ millimètres) d'épaisseur : elles seront trempées dur et bien polies : une de leurs extrémités sera marquée d'une S, et l'autre d'une N, pour distinguer leurs poles. Les deux petites barres, destinées à devenir, dans la suite, les barreaux magnétiques, auront 12 pouces (325 millimètres) de longueur, sur environ 7 lignes (16 millimètres) de largeur, et $4\frac{1}{2}$ lignes (10 millimètres) d'épaisseur; elles doivent être bien polies et trempées de tout leur dur, sans aucun recuit. Leurs extrémités seront aussi distinguées par les lettres S et N. On aura aussi deux petites règles de bois, l'une pour les grandes et l'autre pour les petites barres qui auront la longueur et l'épaisseur des barres correspondantes, et seront les unes larges de 8 lignes (18 millimètres), et les autres larges de $4\frac{1}{2}$ lignes (10 millimètres); elles sont destinées à mettre entre ces barres, pour empêcher qu'elles ne se touchent. Il faut aussi se pourvoir de deux paires de parallélipipèdes de fer doux, les uns de 20 lignes (45 millimètres), et les autres de 8 lignes (18 millimètres) de largeur, dont l'épaisseur soit égale à celle

de leurs barres, et qui aient de longueur la largeur des deux barres, et de plus celle de la règle de bois. Comme ces parallélipipèdes de fer se placent au bout des barres, nous les nommerons les *contacts*.

2143. On aimantera, à l'ordinaire, deux des grandes barres que l'on nomme A, pour les distinguer des deux autres, que l'on nomme B, et cela en les coulant de toute leur longueur, l'une après l'autre, sur les talons de l'armure d'une bonne pierre d'aimant. Cette pierre doit être assez forte pour porter 18 ou 20 livres (9 ou 10 kiliogrammes); car une plus foible ne pourroit pas bien aimanter les grandes barres.

2144. Les deux barres A étant ainsi un peu aimantées, on placera sur une grande table les deux barres B (*fig.* 515), parallèlement l'une à l'autre, avec la règle de bois entre deux, et au bout les contacts, de façon que le bout N de l'une soit du même côté que le bout S de l'autre; puis on ajoutera, au bout, les barres A qui sont déjà un peu aimantées, de façon que le bout N de la barre A 1 touche le contact vis-à-vis le bout S de la barre B 1; l'autre barre A 2 sera placée à l'autre bout de la même barre B 1, de façon que le bout S de la barre A 2 touche le contact vis-à-vis le bout N de la barre B 1. Tout étant ainsi disposé, on passera trois ou quatre fois le talon N de l'armure de la pierre d'aimant, depuis le bout N de la barre A 2 jusqu'au bout S de l'autre barre A 1, faisant couler l'armure de la pierre tout du long des trois barres: alors la barre B 1 sera bien aimantée sur une de ses faces. Il faut aimanter de même la barre B 2; pour cela on transportera la barre A 1 du

côté de la barre A 2, la plaçant de façon que le bout N de la barre A 1 touche le contact vis-à-vis le bout S de la barre B 2; et on transportera la barre A 2 du côté de la barre A 1, pour la placer de façon que le bout S de la barre A 2 touche le contact vis-à-vis le bout N de la barre B 2 : et, tout étant ainsi disposé, on passera trois ou quatre fois le talon N de l'armure de la pierre, commençant par le bout N de la barre A 2, et finissant par le bout S de la barre A 1. Alors la barre B 2 sera aussi bien aimantée sur une de ses faces, que la barre B 1 l'avoit été par la première opération. On écartera ensuite les deux barres A, pour retourner sur l'autre face les deux barres B; et ayant replacé, comme nous venons de l'expliquer, les deux barres A, successivement et dans le même ordre, vis-à-vis les bouts des barres B, on passera, comme ci-dessus, le talon N de l'armure de la pierre d'aimant, commençant par N et finissant par S.

2145. Alors les deux barres B étant assez bien aimantées, on fera un échange; et on mettra les deux barres A à la place des deux barres B, mettant au bout, vis-à-vis les contacts, les deux barres B, selon les règles suivant lesquelles les barres A ont été placées dans l'opération précédente (2144) : et l'on aimantera les barres A sur leurs deux faces, comme on a aimanté les barres B.

2146. Après ces opérations, les quatre barres seront assez bien aimantées : on augmentera cependant encore leur force magnétique, si l'on répète deux ou trois fois la même chose, mettant alternativement les barres B au milieu, et ensuite les barres A.

2147. Quand les quatre grandes-barres seront une

fois bien chargées de vertu magnétique, on n'a plus besoin de pierre d'aimant pour communiquer une grande vertu à de petits barreaux de 12 pouces (325 millimètres) de longueur, semblables à ceux de *Knight*.

2148. Pour les toucher, il n'y a qu'à les mettre sur une table, comme les grandes barres (2144), avec la règle de bois entre deux, et les contacts à leurs extrémités (*fig.* 314); placer au bout, comme nous l'avons expliqué ci-dessus (2144), deux des grandes barres, celles qui paroîtront les moins fortes, A, par exemple. On posera ensuite sur le milieu d'un des petits barreaux les deux bouts des barres B, de façon que le bout N de la barre B 1 soit du côté S du petit barreau, et le bout S de la barre B 2 du côté N du petit barreau. Alors on séparera les deux barres B, en les ouvrant comme on ouvre un compas, et faisant couler la barre B 1 jusqu'à l'extrémité S de la barre A 1, et la barre B 2 jusqu'à l'extrémité N de la barre A 2. Cette même opération étant répétée trois ou quatre fois sur chacune des deux faces des deux petits barreaux, ils auront acquis une très-grande force magnétique, si l'acier, dont ils sont faits, est trempé bien dur, et qu'il soit de nature à bien recevoir la vertu magnétique; car il s'en trouve quelquefois qui n'y est point du tout propre, quoiqu'on n'en puisse pas dire la raison.

2149. On doit employer par préférence, dit *Duhamel*, l'acier trempé en paquet, parce qu'il est communément très-propre à recevoir la vertu magnétique; il est bon, quand les barreaux sont forgés, de les écrouir à petits coups de marteau, à mesure qu'*ils*

qu'ils refroidissent. Les bons forgerons ont coutume de les écailler, en trempant leur marteau dans l'eau ; et cette précaution est fort bonne.

2150. Il est bien difficile d'empêcher que les barreaux ne se tourmentent quand on les trempe. Pour diminuer cet inconvénient, il faut recommanmander aux forgerons de ne point redresser leurs barreaux à froid, mais de les faire chauffer toutes les fois qu'il est besoin de les redresser; car les barreaux qu'on a redressés à froid reprennent leur courbure lorsqu'on les trempe.

2151. *Duhamel*, au moyen des procédés dont nous venons de donner le détail, a communiqué à deux petits barreaux, qui pesoient 6 onces 3 gros 36 grains (196950 milligrammes), une vertu magnétique assez grande pour leur faire porter 2 livres 4 onces 3 gros (1112861 milligrammes), c'est-à-dire, un peu plus de 5 ½ fois leur poids.

2152. Il faut, pour que ces barreaux conservent leur vertu, les tenir toujours dans une boîte avec leurs contacts qui doivent être de fer fort doux de même épaisseur que les barreaux, et suffisamment larges pour que la vertu magnétique ne se fasse point appercevoir au travers des contacts. On ne doit jamais tirer les barreaux seul à seul de leur boîte; mais lorsqu'on veut s'en servir, il faut les faire couler doucement de leur boîte sur une table, et cela dans la même position dans laquelle ils sont dans leur boîte, ayant la règle de bois entr'eux deux, et les contacts à leurs extrémités. Alors, faisant glisser un des contacts, on ouvre les deux barreaux comme les deux

branches d'un compas, de façon que le pole du *nord* de l'un se présente au pole du *sud* de l'autre.

2153. *Méthode d'Antheaume.* Je place horizontalement, dit-il, la barre que je veux aimanter; et je prends deux barres magnétiques que je dispose en ligne directe, observant que le pole *nord* de l'une regarde le pole *sud* de l'autre, et que ces deux poles soient séparés l'un de l'autre par un intervalle de l'épaisseur de trois cartes à jouer, ou d'environ une demi-ligne (1 ½ millimètre). Je les glisse dans cette position toutes deux ensemble, comme si elles ne faisoient qu'un corps, sur la lame que j'aimante en allant et venant lentement plusieurs fois d'un bout à l'autre de cette lame, sans la quitter; après quoi je la retourne, pour l'aimanter de même sur l'autre face.

2154. Lorsque j'ai deux barres à aimanter, je les place parallèlement, un peu éloignées l'une de l'autre, le bout marqué N (*fig.* 315.) de l'une vis-à vis le bout marqué S de l'autre, réunissant par deux contacts C, C, les quatre extrémités de ces deux barres; et dans cette disposition, je les aimante l'une après l'autre, comme j'ai dit (2155) que j'aimante une seule barre. Cette union des deux barres, par le moyen des contacts, y procure une circulation du fluide magnétique pendant tout le cours de l'opération. Je leur communique par ce moyen une vertu magnétique considérable; ce que prouve, je crois, l'adhérence des contacts, qu'on sépare très-difficilement de leurs barres.

2155. Deux choses, dans cette manière d'aimanter, contribuent, selon *Antheaume*, à lui donner plus d'effet que dans les autres méthodes; savoir, le mou-

vement modéré qu'il donne aux barres aimantées, en les glissant sur la barre qu'il aimante, et la manière de glisser en même temps les deux barres qui servent à aimanter, les laissant toujours jointes ensemble. 1°. En ne précipitant point le mouvement, il donne, à ce qu'il prétend, le temps au fluide magnétique de s'ouvrir plus de passage dans la barre qu'il aimante; ayant éprouvé que, si on accélère le mouvement, cette barre acquiert moins de vertu magnétique. 2°. La manière de laisser toujours les deux barres jointes ensemble, fait qu'il ne se forme, pendant tout le cours de l'opération, qu'un seul tourbillon magnétique entre les deux barres aimantées et celle qu'il aimante. Cette réunion des tourbillons doit nécessairement, dit-il, augmenter considérablement la vertu magnétique de la barre qu'on aimante; et cette réunion des tourbillons ne se trouve aussi bien en aucune autre méthode : les lames ou barres y ont toujours leurs tourbillons séparés, et par conséquent communiquent moins de vertu magnétique, le cours de ce fluide se trouvant ainsi partagé.

2156. En effet, par les épreuves que j'en ai faites, j'ai toujours trouvé la méthode d'*Antheaume* la plus efficace, et en même semps la plus simple, la plus commode et la plus expéditive de toutes celles que je viens de décrire. En employant cette méthode, j'ai communiqué à deux barreaux d'acier d'Angleterre, pesant ensemble 170392 milligrammes (5 onces 4 gros 40 grains), une vertu magnétique assez grande pour leur faire porter 2422672 milligrammes (4 livres 15 onces 1 gros 36 grains), c'est-à-dire, plus de 14 fois leur poids : ce qui est bien supérieur à ce qu'a obtenu *Duhamel* par sa méthode (2151).

2157. Pour aimanter des barreaux par les procédés dont nous venons de donner les détails, il faut nécessairement être pourvu de pierres d'aimant, ou du moins d'aimans artificiels. Il arrive souvent qu'on en manque, et que cependant on a besoin d'aimanter du moins des aiguilles de boussole. Nous allons donner les moyens de s'en passer. Ces moyens ont été imaginés par *Knitght*, *Canton*, *Mitchell* et *Autheaume*. Mais *Knight* a fait un secret de sa méthode; ce qui a, avec raison, été trouvé mauvais par tous les savans de l'Europe. Nous ne parlerons donc que des trois autres.

2158. *Méthode de Canton*. Après s'être muni de six lames d'acier non trempé, dont les dimensions sont indiquées ci-dessus (2130), il prend un *fourgon* ou *rable* (instrument dont se servent les boulangers pour remuer la braise) et des pincettes (*fig.* 316), qui, plus ils sont grands, plus il y a long-temps qu'on s'en sert, et meilleurs ils sont. Il tient le fourgon verticalement entre ses genoux : il place vers son sommet l'une des lames d'acier non trempé, de façon que son extrémité marquée soit tournée en en-bas; et afin qu'elle ne puisse pas glisser, il la serre fortement contre le fourgon, au moyen d'une soie qu'il passe dessus, et qu'il tient de la main gauche. Ensuite il prend les pincettes de la main droite, un peu au-dessous du milieu de leur longueur, et les tenant presque verticales, il frotte la lame avec leur extrémité inférieure, en allant toujours du bas en haut. Cette opération réitérée une dixaine de fois sur chacun des côtés de la lame, lui donne une vertu magnétique suffisante pour soutenir une petite clef par

l'extrémité marquée ; extrémité qui, si la lame étoit suspendue horizontalement sur un pivot, tourneroit vers le *nord*.

2159. *Canton*, après avoir ainsi aimanté quatre de ces lames, s'en sert pour aimanter les deux autres, et enfin se sert de ces six lames aimantées, pour en aimanter six autres d'acier trempé de tout son dur, en procédant de la manière que nous avons indiquée ci-dessus (2130 *et suiv.*)

2160. *Méthode de Mitchell.* Je fis faire, dit-il, une demi-douzaine de petites lames d'acier poli, sans être trempées ; elles avoient deux pouces et demi (68 millimètres) de longueur, et trois lignes (7 millimètres) de largeur ; et elles pesoient toutes ensemble une once (30594 milligrammes). Je les fis marquer ensuite à une de leurs extrémités, de la même manière que les lames de six pouces (2135). Je pris une de ces petites lames, que je plaçai à-peu-près dans le méridien magnétique, en tournant vers le *nord* son extrémité marquée, que je destinois à être son pole du *nord*. Je mis à chacun de ses bouts une grande barre de fer placée sur la même ligne presque horizontale, excepté que le bout tourné vers le nord étoit un peu incliné. La barre de fer que je mis du côté du pole du *sud* de ma petite lame, avoit quatre pieds (1299 millimètres) de longueur, et pesoit trente livres (14685175 milligrammes). Celle qui étoit placée à son pole du *nord* avoit quatre pieds et demi (1462 millimètres) de longueur, et ne pesoit néanmoint que dix-huit livres (8811105 milligrammes). Après quoi je pris un *fourgon*, qui pesoit un peu plus d'une livre six onces (673071 milligrammes) : je le

plaçai presque perpendiculairement, la partie supérieure un peu inclinée vers le *sud*, et la partie inférieure, que j'avois fait polir, afin qu'elle pût mieux toucher, appuyée sur le pole du *nord* de la petite lame d'acier. Le fourgon étant ainsi placé, je le fis glisser sur la petite lame, allant du *nord* au *sud*; et je répétai jusqu'à quatre-vingts fois cette opération, ayant soin chaque fois de replacer toujours le fourgon de la même manière. Par cette manœuvre, la lame acquit assez de vertu pour porter une petite clef pesant un quart-d'once (7649 milligrammes).

2161. Après avoir mis à part cette lame aimantée, j'en aimantai de la même manière trois autres. Il m'en restoit encore deux : de ces deux, j'en plaçai une entre deux barres de fer comme les précédentes; mais au lieu du fourgon je me servis, pour l'aimanter, des quatre premières lames auxquelles j'avois déjà communiqué la vertu magnétique; et j'opérai selon la méthode prescrite pour aimanter les lames de six pouces (2138). Et pour conserver quelque distance entre les poles du *sud* et du *nord* des deux petits faisceaux composés de ces quatre lames, j'eus soin d'insérer entre elles une épingle qui pouvoit avoir en grosseur la trentième partie d'un pouce (près de 1 millimètre). En aimantant de la sorte cette cinquième lame, je lui communiquai plus de vertu magnétique que je n'en avois communiqué aux quatre précédentes. J'aimantai de la même manière la sixième et dernière lame.

2162. Je me servis ensuite de ces deux dernières pour communiquer de cette façon la vertu magnétique à deux des quatre précédentes; et ces deux me

servirent pareillement à aimanter enfin les deux qui restoient encore. Je continuai cette opération, substituant toujours les dernières qui avoient été aimantées à la place des deux plus foibles parmi les quatre qui me servoient à donner la vertu magnétique, jusqu'à ce qu'elles eussent toutes reçu autant de vertu que leur état pouvoit leur permettre d'en conserver avant d'être trempées. Cette vertu fut néanmoins suffisante pour les mettre en état de porter chacune, par un seul de leurs poles, un poids d'environ une once et un quart (38243 milligrammes).

2163. *Mitchell* se servit ensuite, au lieu d'aimant naturel, de ces six petites lames pour aimanter une ligne entière de lames de six pouces, qui avoient été trempées auparavant; et cela, en suivant les procédés indiqués ci-dessus (2136 *et suiv.*).

2164. *Méthode d'Antheaume.* Sur une planche inclinée A B (*fig.* 317) dans la direction du courant magnétique, c'est-à-dire, pour Paris, inclinée à l'horizon de 70 degrés du côté du *nord:* je place de file, dit *Antheaume*, deux barres de fer quarrées C, F, de 4 à 5 pieds (environ 1 $\frac{1}{2}$ mètre) de longueur, sur 14 à 15 lignes (environ 33 millimètres) d'épaisseur, limées quarrément par leurs extrémités intérieures, ou qui se regardent, entre lesquelles je laisse un intervalle de 6 lignes (13 $\frac{1}{2}$ millimètres). J'applique à chacune de ces extrémités limées une espèce d'armure *l*, *l*, formée avec de la tôle de 2 lignes (4 $\frac{1}{2}$ millimètres) d'épaisseur, 14 à 15 lignes (environ 33 millimètres) de largeur, et 1 ligne (2 $\frac{1}{4}$ millimètres) de plus de hauteur, dont le côté qui doit être appliqué à la barre est limé et entièrement plat; trois des bords

de l'autre face sont taillés en biseau ou chanfrein; le quatrième, qui doit excéder d'une ligne (2 ¼ millimètres) l'épaisseur de la barre, est limé quarrément pour former une espèce de talon. Pour remplir le reste de l'intervalle, je mets entre ces deux armures une petite languette de bois *h*, de 2 lignes (4 ½ millimètres d'épaisseur. Tout ainsi disposé et placé, comme je l'ai dit, dans la direction du courant magnétique, je glisse sur ces deux talons à la fois, suivant la longueur des barres de fer, la barre d'acier K L que je veux aimanter, la faisant aller et venir lentement d'un de ses bouts à l'autre, comme on feroit si on aimantoit sur les deux talons de l'armure d'une pierre d'aimant. J'ai été surpris moi-même de voir que j'aimantois ainsi tout d'un coup, non-seulement de petites barres, comme parvenoient à le faire *Canton* et *Mitchell*, mais de grosses barres d'acier d'un pied (325 millimètres) et même plus de longueur; ce qu'on n'obtiendroit jamais par leurs méthodes. J'ajoute qu'une autre expérience faite ensuite m'a fait connoître que cette opération produit des effets encore plus surprenans, en employant des barres de fer de 10 pieds (3248 millimètres) de longueur chacune; la force magnétique que reçoit pour lors la barre d'acier qu'on aimante, égale celle qu'elle recevroit d'un très-bon aimant

2165. *Antheaume*, après avoir ainsi aimanté des barreaux sur son appareil, s'en sert pour en aimanter d'autres, ou des aiguilles de boussole, etc. suivant sa manière de procéder indiquée ci-dessus (2153 *et suiv.*).

2166. Il est aisé de voir, par tout ce que nous

venons de dire, que les méthodes d'*Antheaume*, soit pour aimanter avec des barreaux déjà aimantés, soit pour aimanter sans aucun aimant ni naturel ni artificiel, sont, de toutes les méthodes imaginées jusqu'à présent, les moins compliquées et les plus efficaces. On peut dire même que cette dernière sur-tout est le mieux raisonnée; car il place son appareil dans la direction (2112) du courant magnétique, et avec les degrés de déclinaison (2114) et d'inclinaison (2119) convenables au lieu où il opère. En effet, les barres de fer et les lames de tôle qui servent d'armure, n'ont, avant d'être mises en place, aucune vertu magnétique; sitôt qu'elles sont placées dans la situation qu'indique *Antheaume*, elles jouissent de cette vertu; en sorte que, si l'on met un morceau de fer sur les deux talons de l'armure *l, l,* il y adhère sur le champ; et si l'on ôte ces pièces de cette situation, leur vertu magnétique disparoît. Mais si l'on laisse cet appareil dans la situation convenable pendant un certain temps, comme un mois ou deux, les barres de fer conservent leur vertu magnétique. J'ai fait un grand nombre de fois cette expérience, et j'ai toujours éprouvé ce que j'énonce. Le pole *nord* de chacune de ces barres est à l'extrémité, qui, pendant l'expérience, étoit l'inférieure, du moins cela est ainsi dans notre hémisphère septentrional : il est probable que, dans l'hémisphère méridional, il se trouveroit à l'extrémité opposée.

2167. Les aimans artificiels (2123) ont bien des avantages sur les aimans naturels : 1°. on en peut faire de supérieurs en force aux meilleurs aimans naturels.

2168. 2°. Les aimans artificiels sont non-seule-

ment plus forts que les aimans naturels, mais ils sont encore plus propres à communiquer la vertu magnétique, que ne le sont les aimans naturels qui ont la même force attractive qu'eux; car on trouve fort peu d'aimans naturels propres à aimanter des aiguilles de boussole faites d'acier trempé de tout son dur, à moins qu'elles ne soient fort petites; tandis qu'on les aimante fort aisément avec des aimans artificiels, quelque grandes qu'elles soient: cela vient probablement de ce que, dans les aimans artificiels, les parties où se trouvent les poles sont peu larges, et que la vertu y est plus concentrée.

2169. 3°. Les aimans artificiels peuvent être facilement rétablis dans leur première force, lorsqu'ils viennent à la perdre par la suite des temps, par la rouille ou par quelque accident: les aimans naturels au contraire, presque aussi exposés que les artificiels à perdre leur première vertu, ne peuvent la recouvrer que très-difficilement.

2170. 4°. L'on peut donner aux aimans artificiels telle forme que l'on veut; ce que l'on ne peut pas toujours faire aux aimans naturels. On en peut faire en demi-cercle (*fig.* 318), en fer à cheval (*fig* 319), etc. et leur faire alors, au moyen d'un portant P, soutenir un poids plus considérable, en faisant agir les deux poles à la fois. C'est ce qu'a le premier exécuté *Bazin* de Strasbourg.

2171. 5°. On peut se procurer des aimans artificiels très-forts, même avec des barreaux ou lames d'un petit volume; et cela en en réunissant plusieurs ensemble. Cela peut se faire de deux façons: 1°. en

les plaçant horizontalement les uns sur les autres, tous leurs poles *nord* d'un côté, et tous leurs poles *sud* de l'autre; de sorte qu'ils font ensemble l'office d'un aimant naturel, qu'on arme ensuite de même qu'on arme un aimant (2095 *et suiv.*). 2°. En plaçant les barreaux dans une situation verticale (*fig.* 320). Alors on en forme deux faisceaux S N, N S, séparés par deux petits morceaux de bois *b, b*: tous les poles *nord* N d'un des faisceaux sont situés en en-bas, et tous ses poles *sud* S en en-haut; et au contraire les poles *nord* N de l'autre faisceau sont en en-haut, et ses poles *sud* S en en-bas. On fait communiquer ensemble les deux poles supérieurs par un morceau de fer doux, renfermé dans une boîte de cuivre C, au milieu de laquelle est un anneau mobile A de même métal, qui sert à accrocher l'aimant; et les deux poles inférieurs communiquent et agissent ensemble par le moyen du portant P, qui est aussi de fer doux. Pour tenir en place la partie inférieure des faisceaux, on la fait passer dans un lien de cuivre, garni à ses extrémités de deux petits anneaux fixes *e, e*, dans lesquels s'engagent deux tiges *t, t* de cuivre, terminées en vis, et qui passent aussi dans deux pareils anneaux fixés à la boîte de cuivre C: le tout est fortement serré au moyen de deux écrous à oreilles *r, r*.

2172. J'ai voulu savoir, par expérience, quelle étoit l'espèce d'acier la plus propre à faire des aimans artificiels, l'espèce susceptible de recevoir la plus grande vertu magnétique. Pour cela j'ai fait faire, par un excellent artiste, cinq paires de barreaux de différentes espèces d'acier, tous parfaitement égaux en longueur, en largeur ou épaisseur,

et même en poids, à quelques grains près; tous également bien dressés et polis, autant qu'il a été possible; tous trempés de tout leur dur. Chacun de ces barreaux a 164 millimètres (6 pouces et trois quarts de lignes) de long, 13 $\frac{1}{2}$ millimètres (6 lignes) de large et 4 $\frac{1}{2}$ millimètres (2 lignes) d'épaisseur, et chaque paire pèse 170817 milligrammes (5 onces 4 gros et environs $\frac{2}{3}$ de gros). Je les ai placés deux à deux à la manière de *Knight*, en les séparant par une règle de bois, et les faisant communiquer, à chacune de leurs extrémités, par un contract de fer doux de 20 millimètres (9 lignes) de largeur; et pour ne pas les confondre, je les ai tous fait marquer d'un numéro.

2173. Les espèces d'acier employées à faire ces barreaux, sont l'acier moyen d'Amboise; l'acier fondu d'Amboise; l'acier d'Allemagne, connu sous le nom d'*étoffe de pons;* l'acier d'Angleterre, et l'acier fondu d'Angleterre. J'ai aimanté tous ces barreaux, suivant la méthode d'*Antheaume* (2154), avec une paire d'excellens barreaux aimantés, qui ont 474 millimètres (17 pouces 6 lignes) de long, 27 millimètres (1 pouce) de large, et 13 $\frac{1}{2}$ millimètres (6 lignes) d'épaisseur. Pour éprouver leur force attractive, j'ai placé chaque paire dans une situation verticale, la règle de bois entre deux, et l'y ai retenue par des liens de cuivre, à peu près comme j'ai dit ci-dessus (2171) qu'on le fait pour les aimans artificiels armés, et à la partie inférieure, au lieu du contact, j'ai placé un portant de fer doux, garni d'un crochet destiné à recevoir la belière d'un seau de fer blanc, dans lequel j'ai mis successivement et peu à peu les poids dont j'ai chargé chaque paire de ces barreaux.

2174. Les barreaux d'acier moyen d'Amboise n'ont porté qu'un peu plus d'une fois leur poids

2175. Ceux d'acier fondu d'Amboise ont porté un peu plus de 5 fois leur poids.

2176. Ceux d'acier d'Allemagne, connu sous le nom d'*étoffe de pons*, ont porté un peu plus de 12 fois leur poids.

2177. Ceux d'acier d'Angleterre ont porté plus de 14 fois leur poids.

2178. Et ceux d'acier fondu d'Angleterre n'ont porté qu'un peu plus de 8 fois leur poids.

2179. On peut conclure de ces expériences, 1°. que l'acier d'Angleterre est le plus propre à recevoir la vertu magnétique, et qu'il doit être préféré à toutes les autres espèces.

2180. 2°. Qu'au défaut d'acier d'Angleterre, celui d'Allemagne, connu sous le nom d'*étoffe de pons*, doit être employé plutôt que tout autre, puisque sa vertu attractive n'est moindre que de $\frac{1}{7}$ de celle de l'acier d'Angleterre.

2181. 3°. Que les aciers fondus ne doivent, en aucun cas, être employés à faire des aimans artificiels; car ils reçoivent beaucoup moins de vertu que ceux de même sorte qui ne sont pas fondus.

2182. Nous avons dit ci-dessus (2113) que la boussole n'est autre chose qu'une heureuse application de la propriété qu'a l'aimant de diriger l'un de ses poles vers le *nord*, et l'autre vers le *sud*. En effet, une boussole est une boîte A B (*fig.* 321) dans laquelle est placée librement, sur un pivot, une aiguille aimantée, attachée sous une feuille ronde de

tôle ou de carton C, sur laquelle on a tracé les 32 airs de vents, et dont la circonférence est divisée en 360 degrés. Cette boîte étant supendue à la manière de la *lampe de Cardan*, dans une autre boîte de bois quarrée, qui renferme la boussole, l'aiguille demeure toujours horizontale, malgré les différens mouvemens du vaisseau sur lequel on en fait usage. A deux points diamétralement opposés de cette boîte sont placées deux pinnules *p*, *p*, qui servent à bornoyer différens objets, et à apprendre, par la position de l'aiguille, à quel point de l'horizon ces objets sont situés.

2183. Une aiguille de boussole doit être faite d'acier le plus raffiné qu'on n'ait fait qu'alonger en le forgeant, qui ne soit double en aucun endroit, et qui n'ait ni gerçures ni crevasses. Cet acier doit être trempé de tout son dur, et non pas revenu au bleu: l'aiguille alors recevra une plus grande vertu magnétique, et la conservera plus long-tems.

2184. La meilleure figure qu'on puisse donner à une aiguille, est celle d'un parallélogramme fort alongé, dont chaque extrémité se termine tout-à-coup en un angle fort obtus. On fixe sur le milieu de l'aiguille une chape d'agate ou de quelque autre matière très-dure, dont la partie concave ne doit pas se terminer en pointe, mais en portion de sphère. Le pivot qui entre dans la chape, et sur lequel l'aiguille est portée, doit être fait d'un fil d'acier délié, très-dur et très-poli, afin de diminuer le frottement le plus qu'il est possible, et de conserver à l'aiguille toute sa mobilité. Si cependant elle en avoit trop, et qu'elle fût ce qu'on appelle *volage*, pour parer à cet

inconvénient, *Antheaume* recommande de coller, sous la feuille de tôle ou de carton C, de petites ailes de papier, qui, sans la charger sensiblement, éprouvent dans l'air une résistrace par laquelle les oscillations de l'aiguille sont considérablement diminuées.

2185. La meilleure manière d'aimanter les aiguilles de boussole, est de le faire suivant la méthode qu'*Antheaume* a indiquée pour aimanter ses barreaux, ou seul à seul (2153), ou deux à deux (2154), en les réunissant, dans ce dernier cas, par des contacts de fer doux, échancrés de manière à recevoir les extrémités des aiguilles.

2186. On ignore en quel temps, en quel lieu et par qui a été inventée la boussole. Avant son invention, la navigation ne pouvoit être que très-bornée : sans doute qu'on osoit à peine perdre la terre de vue. Cet instrument, qu'on appelle aussi *compas de mer* ou *compas de route*, est d'une grande utilité aux pilotes pour diriger la route de leurs vaisseaux, par un temps couvert, pendant lequel ils ne peuvent pas voir les astres. La propriété qu'a cette aiguille de diriger toujours ses extrémités vers les poles du monde (2112), en fait le mérite et la rend précieuse aux navigateurs.

2187. On fait aussi des boussoles à cadran. Une telle boussole est une boîte sur le plan de laquelle est tracé un cadran solaire, garni d'un style, et dans laquelle est suspendue librement sur un pivot une aiguille aimantée. Sur le fond de cette boîte est tracé un cercle divisé en 360 degrés, dont le zéro est dans la ligne *nord* et *sud*, laquelle est dans le plan du style ou méridien du cadran.

2188. Une pareille boussole est très-utile pour connoître l'heure qu'il est. En effet, quand on a un cadran solaire bien fait, il suffit, pour avoir l'heure, de le bien orienter. C'est à quoi sert l'aiguille aimantée de la boussole. Il faut, 1°. mettre le plan du cadran bien de niveau; ensuite faire répondre l'aiguille à la ligne méridienne du cadran, si l'on est dans un lieu où l'aiguille aimantée n'ait pas de déclinaison (2114). Si, au contraire, elle en a, il faut faire répondre l'aiguille au degré qui marque cette déclinaison dans le lieu où l'on est. Alors le cadran est bien orienté, et son style se trouve précisément dans le plan du méridien.

2189. Nous venons de donner le détail d'un grand nombre de phenomènes magnétiques, et sur-tout de ceux qui sont les plus connus et les plus constans : il seroit bien satisfaisant de pouvoir aussi en développer les causes. Mais nous sommes bien éloignés de le pouvoir faire; c'est une des matières les plus obscures de la physique.

2190. Il paroît que chaque aimant, soit naturel (2086), soit artificiel (2125), est entouré d'un fluide très-subtil et invisible qui lui forme une espèce d'atmosphère. Tous les physiciens conviennent de l'existence de ce fluide, et si l'on en doutoit, il suffiroit, pour s'en convaincre, de faire attention à ce qui se passe autour d'un aimant, soit naturel, soit artificiel, placé sur un carton lisse ou sur une glace de miroir (2087), et que l'on saupoudre de limaille de fer. On voit aussitôt la limaille prendre un arrangement tel, que ses particules forment des lignes perpendiculaires sur les endroits de l'aimant où se trouvent ses poles, et par-tout ailleurs des lignes courbes, qui sont

sont comme autant de circonférences qui s'enveloppent les unes les autres, et dont les plus grandes vont, en se courbant davantage, aboutir vers les deux poles, comme on peut le voir par la *fig.* 322. Cet arrangement sera constamment le même, quoiqu'on recommence plusieurs fois l'expérience. Il faut donc qu'il y ait là nécessairement un fluide qui, par son mouvement, fasse prendre à la limaille un pareil arrangement; car elle ne peut pas le prendre d'elle-même, et sans une cause qui l'y détermine.

2191. C'est ce fluide que l'on nomme *matière magnétique*, et qui, sans doute, est la cause prochaine des phénomènes de l'aimant. Mais de quelle nature est cette matière? d'où vient-elle? comment agit-elle? et pourquoi son action n'a-t-elle prise que sur le fer et l'aimant? Voilà ce que l'on ignore.

2192. *Descartes*, et après lui presque tous ceux qui ont travaillé sur cette matière, ont pensé que le globe terrestre est un grand aimant; que, d'un pole de la terre à l'autre, il se fait une circulation continuelle de la matière magnétique, parce que cette matière ne trouvant nulle part un accès aussi libre que vers les poles, après être sortie par l'un, va rentrer par l'autre.

2193. Par ce mouvement de la matière magnétique, on prétend expliquer la *direction* de l'aimant et du fer ou de l'acier aimanté (2112); et cela, dit-on, parce que ces deux substances sont apparemment les seules disposées à recevoir intérieurement cette matière, et qu'en conséquence elle les dirige selon son courant, partout où elle les rencontre. Mais pourquoi ne dirige-t-elle pas de même les autres corps

qu'elle pénètre tous avec une grande facilité, puisqu'elle agit au travers (2111)? De plus, un fluide n'a pas besoin de pénétrer un corps pour le diriger selon son courant : le vent ne pénètre point la girouette, et cependant il la dirige.

2194. Par ce même mouvement de la matière magnétique, on prétend encore expliquer l'*attraction* (2093). On dit que cette matière, se présentant pour entrer dans le pole d'un aimant, pousse contre lui le fer qui se trouve plongé dans son tourbillon, et l'y attache; et que, par-là, le fer paroît en être attiré. Mais, comme on prétend en même temps que la matière magnétique entre par un pole et sort par l'autre (2192), qu'elle entre par le pole *sud*, et sort par le pole *nord*; si cela étoit, l'aimant ne devroit paroître attirer le fer que par son pole *sud*; et il devroit au contraire le repousser par son pole *nord*; ce qui n'arrive pas.

2195. On n'expliquera pas mieux par-là la *répulsion* (2106); car si cette matière entre, comme on le prétend, par le pole *sud*, et qu'elle sorte par le pole *nord*, deux aimans ne devroient se repousser que lorsqu'ils se présentent l'un à l'autre par leur pole *nord*, et point du tout lorsqu'ils se présentent par leur pole *sud*. Or ils se repoussent toujours, lorsqu'ils se présentent par les poles de mêmes noms.

2196. Pour rendre raison de la *déclinaison* (2114) et de sa variation (2115), *Halley* a supposé que la terre n'est qu'une croûte qui enveloppe un gros aimant, et qu'il y a quatre poles magnétiques dans l'intérieur de la terre; savoir, deux poles fixes et deux poles mobiles. Mais cette supposition ne satis-

fait pas à tout; car la déclinaison varie, soit pour les temps, soit pour les lieux. *De la Hire*, père et fils, au moyen d'une expérience qu'ils ont faite (*Mém. de l'Académie, année 1705, pag. 108*), ont eu une idée singulière, et qui peut, en quelque façon, donner une raison assez plausible de cette variation de déclinaison de l'aimant. Ils possédoient une grosse pierre d'aimant, pesant plus de 48 kilogrammes (près de 100 livres) : ils l'ont arrondie de leur mieux, et ont rempli les plus grandes inégalités avec une espèce de ciment fait de plâtre. Cette pierre, dans cet état, avoit près de 325 millimètres (un pied) de diamètre. Ils ont cherché ses poles, qui se sont trouvés dans deux points diamétralement opposés ; ils y ont tracé un équateur, qui a été divisé de 30 degrés en 30 degrés, pour y faire passer des méridiens, afin d'y observer avec plus d'exactitude les différentes déclinaisons d'une aiguille aimantée qu'ils plaçoient dessus. On pouvoit donc regarder cette pierre comme représentant la terre. Ils ont observé que, dans quelques points, l'aiguille aimantée se dirigeoit exactement *nord* et *sud;* que, dans plusieurs autres, elle déclinoit, soit vers l'*est*, soit vers l'*ouest*, de même qu'on l'observe sur le globe terrestre. La plus grande déclinaison qu'ils ont observée, s'est trouvée de 26 degrés.

2197. Ne peut-on pas dire que les différentes déclinaisons de cette aiguille aimantée, que MM. *de la Hire* ont observées sur leur globe d'aimant, ne venoient que des différentes dispositions des matières magnétiques qui composoient ce globe ? Si, dans le gros aimant que *Halley* a supposé enveloppé d'une croûte de terre (2196), il se trouve des dispositions de

matières magnétiques à-peu-près équivalentes, pourquoi la même cause ne produiroit-elle pas le même effet? Et pour rendre raison de la variation de déclinaison dans le même lieu en différens temps, on peut raisonnablement supposer des changemens dans les dispositions de ces matières magnétiques, produits par les différens bouleversemens qu'il est probable qui s'opèrent dans l'intérieur de la terre. Si le globe d'aimant de MM. *de la Hire* eût été susceptible de pareils changemens, il n'est pas douteux qu'on eût observé sur cet aimant, dans la suite des temps, des variations dans la déclinaison de l'aiguille, équivalentes à celle qu'on observe sur la terre.

2198. On peut aussi donner une raison assez plausible de l'*inclinaison* de l'aimant (2119). L'arrangement que prend la limaille de fer autour d'un aimant (*fig.* 302), prouve que la matière magnétique se porte vers chaque pole de l'aimant dans une assez grande étendue de sa surface; car la direction des lignes que forme cette limaille, est toujours inclinée à la surface de l'aimant, excepté aux environs de son équateur. S'il en est de même à l'égard de la matière qu'on prétend qui circule autour du globe terrestre, considéré comme un grand aimant, il est assez raisonnable de penser que l'inclinaison de l'aiguille aimantée est due à la direction de cette matière.

2199. *Æpinus*, dans un ouvrage publié en 1759, intitulé, *Tentamen theoriæ electricitatis et magnetismi*, donne une théorie du magnétisme, par laquelle il prétend rendre raison des phénomènes que produit l'aimant. Cet ouvrage a été traduit par l'abbé *Haüy*, de l'académie des sciences : c'est de cette

traduction que j'ai extrait ce que je vais en rapporter.

2200. Suivant *Æpinus*, 1°. *la matière magnétique est un fluide très-subtil, dont les molécules ont la propriété de se repousser mutuellement*; 2°. *ces mêmes molécules ne sont attirables que par le fer à l'état métallique*

2201. Tous les corps de la nature, si l'on en excepte le fer, sont entièrement perméables au fluide magnétique, qui les pénètre librement, sans éprouver aucune action de leur part : aussi ne donnent-ils aucun signe de magnétisme. Il n'en est pas de même du fer; le fluide magnétique, à la vérité, le pénètre aussi, mais avec beaucoup de difficulté. Le fer est, à l'égard de ce fluide, ce que les corps idio-électriques (2240) sont par rapport au fluide électrique.

2202. Plus le fer est dur, et plus le fluide magnétique éprouve de difficulté à se mouvoir dans ses pores. Le fer tendre livre un accès beaucoup plus facile aux molécules de ce fluide. Malgré, cela, le fer paroît moins perméable au fluide magnétique, que les corps idio-électriques, même au plus haut degré, ne le sont par rapport au fluide électrique.

2203. Le fluide magnétique éprouve une si grande difficulté à pénétrer le fer, qu'il n'est guère possible que ce métal reçoive une portion de celui des corps environnans, ou perde une portion de celui qui lui est propre : en sorte que tous nos efforts pour communiquer au fer les qualités de l'aimant, se bornent à produire un simple mouvement de translation du fluide dans l'intérieur même du fer.

2204. Il suit de là, que le fer, lorsqu'il est de-

venu aimant, a toujours un de ses poles plus chargé de fluide magnétique ou dans l'*état positif*; et l'autre moins chargé de ce fluide, ou dans l'*état négatif.*

Æpinus avoue qu'on n'a pu découvrir encore lequel des deux poles d'un aimant est dans l'état positif, et lequel a un magnétisme négatif. Comment peut-il donc assurer qu'il y en a un *positif*, et l'autre *négatif*, puisqu'il n'y a aucun caractère qui le désigne? C'est une supposition sans fondement.

2205. Pour établir les loix auxquelles est soumise l'action du fluide magnétique, *Æpinus* suppose un aimant ou un fer aimanté A (*fig.* 323) dans lequel le fluide magnétique est inégalement répandu dans les deux parties AB, AC, en sorte qu'il y ait excès de fluide dans la partie AC, et défaut de fluide dans la partie AB; observant qu'en général les aimans ou corps aimantés ne contiennent jamais en total que leur quantité naturelle de fluide magnétique (2203), qui est seulement distribué inégalement dans les différentes parties de ces corps. Supposons que l'excès du fluide de AC soit précisément égal au défaut du fluide de AB. Dans ce cas-là, la molécule D de fluide magnétique seroit attirée par le corps A, tandis que la molécule E en seroit repoussée; car l'attraction exercée par AB sur la molécule D seroit égale, dans l'hypothèse présente, à la répulsion de AC sur la même molécule; puisque d'un côté celle-ci seroit repoussée par AC, en raison de son excès de fluide, et que de l'autre elle seroit attirée par AB, en raison de la masse de AB (2200), laquelle faisoit équilibre à la quantité du fluide qui est censée avoir passé dans la partie AC. Donc, dans le cas présent, où la molécule

D est plus près de A B que de A C, l'attraction prévaudra sur la répulsion, et la molécule D sera attirée par le corps A. On conçoit de même que l'action du corps A sur la molécule E doit être répulsive. (*Cependant un aimant attire par ses deux poles.*)

2206. Supposons maintenant que le corps A soit abandonné à lui-même sans qu'il y ait aucun autre corps magnétique dans sa proximité. Ce corps tendra à retourner vers l'état d'uniformité; en sorte que le fluide surabondant renfermé dans A C sera sollicité à la fois par la répulsion mutuelle des molécules, et par la force attractive de la partie A B (2200), à se répandre dans cette partie, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. Mais le fluide magnétique éprouve une grande difficulté à se mouvoir dans le fer (2201): la résistance qui provient de cette difficulté, peut être considérée comme une force opposée à l'effort que fait le corps pour retourner à l'état naturel, et capable de balancer cet effort, de manière que l'équilibre puisse subsister entre l'un et l'autre sans altération sensible. C'est pour cette raison que le fer aimanté conserve sa vertu bien plus long-temps qu'un corps électrisé ne conserve la sienne (2535).

2207. Quand un corps est parvenu à cet équilibre, on dit qu'il est à *son degré de saturation*. Ce degré de saturation sera d'autant plus élevé, c'est-à-dire, que la force magnétique que le corps sera susceptible de conserver, sera d'autant plus considérable, que le fluide éprouvera plus de difficulté à se mouvoir dans ce corps. Or, comme ce fluide se meut plus aisément dans le fer tendre que dans le fer dur (2202), il en résulte que le degré de saturation est toujours plus élevé

dans le second que dans le premier. Cette conséquence s'accorde avec l'observation.

2208. Concevons maintenant qu'on approche d'un aimant C (*fig.* 324) un barreau de fer G dans l'état naturel : l'aimant ne produiroit aucun effet sur le fer, si celui-ci conservoit son état naturel ; mais il en est bientôt tiré par l'action que l'aimant exerce sur lui. Supposons que C B soit le côté positif, et C D le côté négatif de l'aimant ; l'action de la partie C B, à cause de sa proximité (2205), prévaudra nécessairement sur celle de la partie C D : en sorte que C B, en vertu de son excès de force répulsive, refoulera une certaine portion du fluide contenu dans le barreau G, de l'extrémité F de ce barreau vert son extrémité H opposée : d'où il suit que le barreau G deviendra lui-même un véritable aimant (2203), que nous devons considérer comme ayant sa partie F G dans l'état négatif, et son autre partie G H dans l'état positif. Si au contraire les côtés C B, C D de l'aimant C étoient le premier dans l'état négatif, et le second dans l'état positif, il est facile de concevoir que le barreau G se trouveroit aimanté en sens contraire, de manière que G F deviendroit son pole positif, et G H son pole négatif.

2209. Comment *Æpinus* peut-il faire concevoir que l'excès de fluide magnétique, qu'il suppose contenu dans la partie C B de l'aimant, refoulera le fluide magnétique, contenu dans le barreau G, de la partie F G dans celle G H de ce barreau ? Tandis qu'il assure (2203) que ce fluide ne peut pas sortir de l'un ni entrer dans l'autre, et que de plus il adopte comme un axiome indubitable, cette proposition, *un corps*

ne peut agir où il n'est pas (2466); d'autant plus qu'il ne prouve en aucune façon que le fluide magnétique soit, dans les corps aimantés, en excès d'une part et en défaut de l'autre : il ne fait que le supposer, mais sans aucun fondement. Si ce fait étoit reconnu vrai, comme le sont ceux qu'on attribue à l'*attraction* (194), on pourroit dire que ce fait, qui seroit certainement produit par une cause, mais que l'on ignore, seroit simplement désigné par ce mot *répulsion*, quelle que fût la cause qui le produiroit; mais rien n'indique l'existence de ce fait : il paroît même opposé au principe établi par *Æpinus* (2200); savoir, que *les molécules du fluide magnétique ont la propriété de se repousser mutuellement.* Par quelle raison se resserreroient-elles donc dans un plus petit espace? De plus, *Æpinus* prétend (2203) que le fer n'est jamais attiré par l'aimant, que lorsqu'il est passé lui-même à l'état d'aimant, par le refoulement d'une portion de son fluide magnétique, vers une de ses extrémités, occasionné par la proximité d'un aimant. Il faut donc que cet effet soit bien prompt; car dans l'instant que le fer est présenté à l'aimant, il en est attiré. Cette promptitude est très-opposée à la grande difficulté qu'*Æpinus* prétend (2206) que le fluide magnétique éprouve à se mouvoir dans le fer. Cette difficulté est donc une supposition tout-à-fait gratuite.

2210. Considérons maintenant, continue *Æpinus*, les deux corps C, G, comme deux aimans qui auroient leurs moitiés dans différens états de magnétisme positif ou négatif, et supposons, pour plus de simplicité, que le fluide soit uniformément répandu dans chacune de ces moitiés. Supposons de plus, que

CB, FG soient les poles positifs, et CD, GH, les poles négatifs. La force répulsive de la partie CB étant égale à la force attractive de la partie CD (2205) (abstraction faite des distances), il est clair que la première agit plus puissamment sur le corps G, à raison d'une moindre distance; donc le corps C agit sur le corps G comme étant dans l'état positif; donc il tend à repousser la partie F G, et à attirer G H. Or, à distances égales, l'attraction feroit équilibre à la répulsion : donc, puisque la partie F G est plus voisine du corps C que la partie G H, la répulsion l'emportera; et les deux corps s'écarteront l'un de l'autre.

On peut concevoir, par un raisonnement semblable, que, dans le cas où C B, F G seroient les poles négatifs, et D C, G H les poles positifs, les deux aimans se repousseroient encore, comme dans le cas précédent.

2211. Supposons enfin que CB, GH soient les poles positifs, et D C, F G, les poles négatifs. D'après ce qui a été dit ci-dessus (2210), le corps C agit sur le corps G comme étant dans l'état positif; donc il tend à attirer la partie F G, et à repousser la partie G H : mais l'attraction agit plus fortement sur la première, à raison d'une moindre distance; donc les deux corps tendront à s'approcher l'un de l'autre.

2212. On peut opposer à ceci (2210, 2211) le raisonnement que nous avons fait ci-dessus (2209).

2213. Il n'arrive peut-être jamais, dit *Æpinus*, que le fluide soit répandu uniformément dans chacune des parties d'un aimant; et nous n'avons d'abord supposé cette uniformité que pour simplifier l'explication des phénomènes. Mais de quelque matière que le

fluide soit distribué dans les parties DC, CB, FG, GH, on pourra toujours ramener l'état des deux corps aux différens cas exposés ci-dessus.

2214. *Æpinus* appelle *centre magnétique*, le point de séparation entre la partie positive et la partie négative d'un aimant. A la rigueur, ce centre est moins un point qu'une surface, qui s'étend dans toute l'épaisseur de l'aimant. Mais il n'y a aucun inconvénient à employer la dénomination de *centre*, pourvu qu'on n'y attache que l'idée qui naît de la définition que nous venons d'en donner.

2215. Voici les principes sur lesquels est fondée la théorie d'*Æpinus*. Il les applique ensuite à l'explication de différens phénomènes magnétiques; et ses explications paroîtront d'abord assez concluantes à ceux qui auront adopté ses principes, excepté dans quelques cas où les phénomènes paroissent opposés à sa théorie. (Voyez l'*Exposition de la théorie du magnétisme d'Æpinus par l'abbé Haüy*, n°. 127, *pag.* 142 et 143).

2216. *Æpinus* cherche ensuite à rendre raison de la direction, de la déclinaison et de l'inclinaison de l'aiguille aimantée; on voit que cela est assez difficile, en ne faisant usage que des principes d'*Æpinus* : aussi adopte-t-il l'opinion des anciens physiciens, qui est, qu'il est très-probable que le globe terrestre renferme un gros aimant de forme globuleuse, dont il fait usage à-peu-près comme l'ont fait les physiciens dont nous venons de parler, pour rendre raison de ces trois singulières proprietés de l'aimant.

2217. La théorie d'*Æpinus* est assurément très-ingénieuse : il est fâcheux qu'elle soit fondée sur des

principes qui sont eux-mêmes sans fondemens; puisqu'ils résultent de suppositions purement gratuites, et qui sont quelquefois (2209) démenties par l'expérience. Nous devons donc avouer que nous n'avons rien de satisfaisant sur les causes du magnétisme.

2218. Au défaut de la connoissance des causes qui produisent les propriétés de l'aimant, ce seroit beaucoup pour nous que de pouvoir au moins trouver l'analogie et la liaison des différentes propriétés de cette pierre; de savoir comment sa direction est liée à son attraction et à sa répulsion; et quels rapports ont sa déclinaison et son inclinaison à ses autres propriétés. Mais quoique ses propriétés soient vraisemblablement liées par une seule et même cause, elles paroissent avoir si peu de rapport entr'elles, que jusqu'à présent on n'a pu en découvrir l'analogie. Ce qu'il y a de mieux à faire, selon moi, est de recueillir les faits, et de laisser les systêmes à faire à notre postérité, qui vraisemblablement les laissera de même à la sienne.

CHAPITRE XIX.

De l'Électricité.

2219. On appelle *Électricité*, l'action d'un corps que l'on a mis en état d'attirer à lui, et de repousser des corps légers qu'on lui présente à une certaine distance; de faire sur la peau d'un être animé une impression légèrement sensible au toucher, et assez semblable à celle d'une toile d'araignée qu'on rencontreroit flottante en l'air; de faire sentir, vis-à-vis de ses parties anguleuses, un petit vent frais; de répandre une odeur comparable à celle du phosphore d'urine; de lancer des aigrettes d'une matière lumineuse; de produire des étincelles brillantes; de faire sentir des piqûres assez vives aux corps animés qu'on en approche, de leur causer des commotions violentes; d'enflammer des liqueurs ou vapeurs spiritueuses, et quelquefois même d'autres corps moins inflammables; enfin de communiquer à d'autres corps la faculté de produire ces mêmes effets pendant un certain temps.

2220. L'analogie qui se trouve entre les effets du tonnerre et ceux de l'électricité, et qui a été si bien prouvée, comme nous le ferons voir ci-après (2599 *et suiv.*), nous autorise à croire que le tonnerre est lui-même une grande électricité, qui s'excite naturellement, et qui règne, du moins en certains temps, dans une partie de l'atmosphère terrestre. Je dis, du moins en certains temps, car je suis très-porté à croire qu'elle y règne continuellement, mais le plus souvent

d'une manière trop foible, pour pouvoir devenir sensible pour nous, à moins qu'elle ne soit plus fortement excitée par quelques circonstances favorables.

2221. Nous pouvons donc distinguer deux sortes d'électricité, différentes seulement par leur origine ou leur manière de naître, et par la grandeur de leurs effets : savoir, *l'électricité naturelle*, qui est celle qui s'excite d'elle-même dans l'athmosphère ; et *l'électricité artificielle*, qui est celle que nous excitons par le frottement ou par quelques autres moyens dont nous parlerons bientôt. Nous allons nous occuper d'abord de l'électricite artificielle.

2222. On peut dire que l'électricité est une science nouvelle ; car ce que les anciens ont connu de cette singulière propriété des corps, se réduit à si peu de choses, que nous pouvons regarder les découvertes de ce genre comme celles de notre siècle. On connoissoit anciennement la propriété qu'a l'ambre ou succin frotté, d'attirer et de repousser de petites pailles et autres corps légers : aussi est-ce de l'ambre, ou plutôt de son nom latin *electrum*, que cette science a emprunté le nom d'*électricité*. Les anciens avoient aussi observé dans le soufre, le jayet, la cire d'Espagne et quelques autres substances résineuses, la même propriété que dans l'ambre ; tout le reste leur étoit inconnu.

2223. Nous avons à examiner quelle est la nature de la vertu électrique ; quels sont les moyens de la faire naître, et quels sont les signes par lesquels elle se manifeste.

De la nature de la vertu électrique.

2224. *La vertu électrique paroît être l'effet d'une matière en mouvement, soit au-dedans, soit autour du corps électrisé.* Car si l'on présente la main ou le visage devant un tube de verre frotté dans un lieu sec, ou devant un conducteur isolé qu'on électrise, on s'apperçoit d'émanations sensibles au toucher; s'il y a quelques parties anguleuses, on y sent un petit vent frais, et en même temps une odeur de phosphore; si l'on s'approche davantage, on éprouve une piqûre sensible, et l'on entend un petit bruit; dans l'obscurité on apperçoit des étincelles d'une lumière vive; on voit enfin, et sur-tout aux parties anguleuses, de belles aigrettes lumineuses, composées de rayons qui divergent entre eux. Il n'y a certainement que la matière en mouvement capable de faire sur nous de telles impressions. On doit conclure que tout corps électrisé a, autour de lui, une matière en mouvement, qui est sans doute la cause immédiate de tous les phénomènes électriques, et que l'on appelle *matière* ou *fluide électrique.*

2225. Mais quelle est cette matière? Ce n'est certainement pas celle du corps électrisé; car il ne souffre aucun déchet sensible, quelque long-temps qu'on l'électrise, à moins qu'il ne contienne quelques substances évaporables. Ce n'est pas non plus l'air de l'athmosphère; car, 1°. les phénomènes électriques ont lieu dans le vide d'air; 2°. la matière électrique a des qualités qui ne conviennent point à l'air; elle pénètre certains corps absolument imperméables à l'air : elle a de l'odeur; elle s'enflamme : elle est

capable d'enflammer d'autres corps ; de faire fondre des métaux : effets que l'air ne peut pas produire ; 3°. elle transmet ses mouvemens avec une rapidité considérablement plus grande que celle même du son, qui est le mouvement de l'air le plus rapide que nous connoissions.

2226. Il est très-probable (et presque tous les physiciens en conviennent) que *la matière électrique est la même que celle de la chaleur et de la lumière* (1175), la même que celle qui sert à embraser les corps, que celle par le moyen de laquelle nous voyons les objets. Presque tous les physiciens conviennent que ces deux effets sont produits par la même matière : une des plus fortes raisons qui les portent à le croire, c'est que le feu éclaire presque toujours, et qu'il y a bien des cas où la lumière brûle. Or, il est très-vraisemblable que la nature, qui est si économe dans la production des êtres, tandis qu'elle multiplie si libéralement leurs propriétés, n'a pas établi deux causes pour deux effets, auxquels il paroît qu'une des deux peut suffire. On peut faire l'application de ce raisonnement, à la matière électrique : car cette matière embrase les liqueurs spiritueuses et les vapeurs inflammables (2304), et elle fond les métaux (2606) ; fonctions qui appartiennent à la matière de la chaleur : elle se montre sous la forme d'aigrettes lumineuses et d'étincelles brillantes (2224) ; en un mot elle luit et éclaire, fonctions qui appartiennent à la lumière. La ressemblance dans les effets annonce assez sûrement l'identité des causes. Nous pouvons donc conclure, avec assez de vraisemblance, que ce fluide, reconnu par les physiciens, sous le nom de *matière de la chaleur* (588), et auquel ils attribuent la propriété de

de produire la lumière (1175), est aussi celui que la nature emploie pour tous les phénomènes électriques.

2227. Si, de plus, nous faisons attention aux autres propriétés de la matière électrique, et qui lui sont communes avec la matière de la chaleur et celle de la lumière, nous y trouverons tant d'analogies, que nous nous convaincrons de plus en plus que le feu, la lumière et l'électricité dépendent du même principe, et ne sont que trois différentes modifications du même être.

2228. 1°. La matière électrique, comme celle de la chaleur et de la lumière, est généralement répandue partout, elle est au-dedans comme au-dehors des corps, et dans l'air même de notre atmosphère; elle les pénètre tous intimement et les environne de toutes parts; car aucun corps ne peut devenir électrique sans le secours de cette matière : or, il n'est aucun temps, aucun lieu où l'on ne puisse électriser des corps de différentes espèces. La matière électrique est donc aussi généralement répandue que celle de la chaleur et de la lumière.

2229. 2°. De même que la présence de la matière de la chaleur ne suffit pas pour que les corps, même les plus inflammables, puissent s'embraser; de même aussi la présence de la matière électrique ne suffit pas pour que les corps soient actuellement électrisés. Il faut nécessairement, pour que les corps s'embrasent, que quelque cause particulière excite le principe de leur embrasement (1111); il faut aussi, pour que les corps deviennent électriques, que quelque cause particulière excite l'action du fluide qui produit les phénomènes de l'électricité. Or, de tous les

moyens propres à animer le principe de la chaleur, il n'en est point de plus efficace que celui qui fait naître primitivement l'électricité. Le même moyen qui fait devenir les corps électriques, les rend chauds; le frottement produit l'un et l'autre effet. Quelques corps peuvent, à la vérité, être électrisés par communication (2239), de même qu'un corps peut être embrasé par un autre qui l'est déjà; mais ordinairement celui qui a eu originairement la vertu électrique, a été frotté de même que l'a été celui qui a été le premier embrasé.

2230. 3°. L'action du feu s'étend davantage, et avec plus de facilité dans les métaux et dans les corps humides que dans toute autre espèce de corps. Car si l'on tient par un bout une verge de métal médiocrement longue, et que l'autre extrémité touche au feu, la chaleur se communique bientôt jusqu'à la main, au point qu'on est en danger de se brûler : on ne court pas le même risque avec un bâton, un tube de verre, une lame de pierre, ou toute autre matière non métallique, le bâton brûle par un bout, sans être chaud par l'autre, à moins qu'il ne soit vert ou qu'il ne contienne beaucoup d'humidité : le tube de verre se fond par une extrémité, tandis que l'autre est encore froide, etc. La vertu électrique, comme la chaleur, s'étend très-loin, et beaucoup plus facilement dans les métaux et dans les corps humides que dans plusieurs autres espèces de corps. En un mot, les métaux et l'eau sont excellens conducteurs de l'électricité, de même qu'ils sont excellens conducteurs de la chaleur.

2231. 4°. La matière de la lumière se meut, pour l'ordinaire, plus librement dans un corps dense que

dans un milieu plus rare (1290) : elle se meut, par exemple, plus librement dans l'eau que dans l'air, et plus librement encore dans le verre que dans l'eau; c'est au moins une conséquence qu'on a cru devoir tirer des loix qu'on lui voit suivre dans sa réfraction (1287 *et suiv.*) La matière électrique se meut aussi le plus long-temps et le plus loin qu'il est possible dans un corps qu'on électrise, telle qu'une barre de fer; et lorsqu'elle est contrainte de passer dans l'air, son action ne se transmet qu'à une très-petite distance, à moins que cet air ne soit fort chargé d'humidité; auquel cas l'eau devient le véhicule par lequel elle se transmet; au lieu qu'on la pourroit porter à une distance si considérable qu'on n'en connoît pas les bornes, en lui présentant une suite de corps isolés (2245), pourvu qu'ils fussent de la nature de ceux qui s'électrisent aisément par communication (2241). Ce qui prouve bien que l'air, quoiqu'il soit un fluide très-rare, est pour la matière électrique, de même que pour celle de la lumière, un milieu beaucoup moins perméable que ne le sont plusieurs autres corps qui ont beaucoup plus de densité.

2232. 5°. L'action de la lumière se transmet en un instant très-court à de grandes distances (1180), soit qu'elle vienne directement de sa source, soit qu'on la réfléchisse ou qu'on la réfracte. De même l'action de l'électricité parcourt, en un clin d'œil, un espace très-considérable, pourvu qu'elle trouve des milieux propres à la transmettre. En voici une preuve. On a électrisé, avec un tube de verre nouvellement frotté, une corde convenablement isolée, qui avoit 1256 pieds (408 mètres) de longueur; et cette corde est devenue, dans un instant, électrique dans toute son

étendue (*Voyez* les *Mémoires de l'Académie des Sciences, année* 1753, *page* 247). Mais l'expérience la plus propre à prouver ce que nous avançons, est celle qu'on a nommée *Expérience de Leyde* (2305, 2543). On sait que tous ceux qui participent à cette expérience, ressentent en même temps la commotion qui en est l'effet ordinaire. L'abbé *Nollet* l'a faite avec 200 hommes, qui formoient deux rangs, dont chacun avoit plus de 150 pas de longueur, et a eu un succès complet. Il est plus que probable qu'on réussiroit de même avec 2000 hommes, et même davantage.

2233. 6°. L'électricité, de même que le feu, n'a jamais plus de force que pendant le grand froid, lorsque l'air est sec et fort dense : au contraire, pendant les grandes chaleurs et par un temps humide, il est rare que les phénomènes électriques deviennent très-sensibles. De même les matières les plus combustibles, si elles sont imprégnées d'humidité, ne brûlent que difficilement. Il est vrai que l'humidité, qui est si nuisible à l'électricité qu'on veut exciter par frottement (2240), bien loin de nuire à celle des corps auxquels on donne cette vertu par communication (2241), ne fait que les en rendre plus susceptibles. Une corde mouillée, par exemple, transmet cette vertu bien plus loin et avec plus d'énergie que ne feroit la même corde sèche; au contraire, un tube ou un plateau de verre ne donne presque aucun signe d'électricité, si on le frotte avec un corps ou dans un air qui ne soit pas bien sec. Mais c'est encore une analogie qui se trouve entre le feu et l'électricité; car l'embrasement, de même que l'électricité, ne naît point dans des matières fort humides; mais s'il est

excité d'ailleurs, la chaleur, qui en est l'effet, s'y communique avec la plus grande facilité.

2234. De toutes ces analogies, nous pouvons conclure, avec la plus grande vraisemblance, que la matière électrique, celle qui est la cause immédiate de tous les phénomènes de l'électricité, est la même que celle de la chaleur et de la lumière. Une matière qui brûle, qui éclaire, et qui a tant de propriétés communes avec celle qui embrase les corps et qui nous fait voir les objets, paroît ne devoir être autre chose que la matière de la chaleur, autre chose que la lumière même.

2235. Il faut cependant avouer que la matière électrique n'est pas purement et simplement la matière de la chaleur et de la lumière, entièrement dépouillée de toute substance étrangère; car elle a une odeur (2224) qui ne convient ni à l'une ni à l'autre. Il est donc très-probable que cette matière, la même au fond que celle de la chaleur et de la lumière, est unie à certaines parties, soit du corps électrisé, soit du corps électrisant, soit du milieu par lequel elle a passé.

2236. Nous devons avouer aussi qu'il y a des différences marquées entre la matière électrique et celle de la chaleur et de la lumière.

2237. 1°. La matière de la chaleur, toutes les fois qu'elle pénètre les corps, les échauffe et en augmente le volume. La matière électrique ne produit point ces effets : un corps, quelque long-temps qu'on l'électrise, n'en devient ni plus chaud ni plus grand, à moins qu'il ne soit échauffé d'ailleurs (2238) : on peut s'en convaincre par l'expérience suivante.

Expérience. Dans un petit seau de métal, en partie plein d'eau, placez un thermomètre de mercure; marquez, avec une soie, l'endroit du tube où se termine le mercure; accrochez le tout à un conducteur isolé, et électrisez-le aussi long-temps qu'il vous plaira. Vous verrez des jets de lumière électrique partir du mercure et s'élancer dans le tube: malgré cela, le volume du mercure ne sera point augmenté, par conséquent il ne sera point échauffé; car tout corps qui s'échauffe augmente de volume (1154). Cela vient sans doute de ce que la matière électrique, qui est la même que celle de la chaleur (2224), est non-seulement unie aux parties qui lui donnent de l'odeur (2235), mais même combinée avec ces parties, auquel cas cette matière n'excite aucune chaleur sensible (1106).

2238. 2°. La matière de la lumière pénètre le verre avec une grande facilité: la lumière électrique ne le pénètre que très-difficilement. N'est-ce point encore cette combinaison de la matière électrique avec une substance étrangère (2237) qui rend très-difficile sa pénétration dans le verre, à moins que ce dernier ne soit échauffé ou frotté? ce qui ne manque pas de le raréfier; auquel cas ses pores plus ouverts donnent à la matière électrique un passage plus libre. Le frottement qui électrise les corps, peut bien les échauffer, et par conséquent les raréfier; mais cet effet n'est jamais produit par l'action seule de la matière électrique.

Des moyens de faire naître la vertu électrique.

2239. Il y a deux moyens en usage de faire naître la vertu électrique dans les corps : on les rend électriques, 1°. en les frottant, soit avec la main nue, soit avec quelque substance animale ou métallique; 2°. en les approchant fort près, ou en les faisant toucher légèrement un corps qui soit récemment électrisé. On ne connoît guère de corps qui ne puisse s'électriser, au moins de l'une de ces deux façons : il y en a même quelques-uns qui peuvent s'électriser des deux. Le premier moyen d'électriser les corps s'appelle *électrisation par frottement* : le second se nomme *électrisation par communication.* En général, les corps qui s'électrisent le mieux *par frottement*, s'électrisent le moins *par communication*, si cependant on en excepte le verre dans certaines circonstances; et au contraire les corps qui s'électrisent le mieux *par communication*, s'électrisent le moins *par frottement.*

2240. Il y a fort peu de corps qui aient assez de consistance pour être frottés, qui ne s'électrisent par frottement, sur-tout s'ils sont bien secs, mais ils ne sont pas tous capables d'acquérir par-là une électricité du même degré d'énergie. Ceux qui s'électrisent le plus fortement de cette façon, sont toutes les matières vitrifiées; ensuite la cire d'Espagne, le soufre, les résines, la soie, les gommes, les poils des animaux, l'air lui-même, etc. on nomme ces corps *idio-électriques.*

2241. Les corps qui s'électrisent le mieux par communication, et que l'on appelle *an-électriques*,

sont les substances métalliques (c'est-à-dire, les métaux parfaits ou imparfaits) et l'eau. C'est pourquoi toutes les matières humides, de quelque nature qu'elles soient, s'électrisent très-bien de cette façon.

2242. Quant aux liqueurs inflammables, telles que les esprits ardens et les huiles, elles ne s'électrisent point du tout par communication : elles seroient de nature à s'électriser par frottement; mais n'ayant point assez de consistance pour être frottées, on ne peut parvenir à les électriser.

2243. Pour électriser les corps par communication, il est nécessaire de les isoler; c'est-à dire, de les soutenir sur des supports qui soient de nature à ne partager que très-peu, ou même point, leur électricité, et qui ne puissent pas la transmettre aux autres corps qui sont dans le voisinage. Les corps qui y sont propres, sont ceux qui s'électrisent le mieux par frottement (2240).

2244. La nécessité d'isoler les corps, et les substances propres à les isoler n'ont été connues que par hasard. Ce furent les expériences faites par *Gray*, conjointement avec *Wheeler*, le 3 juillet 1729, qui fournirent cette double connoissance. Ils avoient attaché avec une ficelle, une boule de bois dorée à l'extrémité d'un tube de verre; et en électrisant le tube par frottement, la boule devenoit électrique par communication. Il n'y avoit que quatre pouces (108 millimètres) de ficelle entre l'extrémité du tube et la boule dorée : ils allongèrent cette ficelle jusqu'à 1, 2, 3, etc. pieds (1 mètre ou environ); la boule continua de paroître électrique : pour pouvoir y mettre une ficelle encore plus longue, ils montèrent au pre-

mier, et laissèrent pendre la boule dorée jusque vers le pavé de la cour ; la boule fut encore électrique : ils montèrent au second, au troisième, et jusque sur le toit, toujours avec le même succès. Ne pouvant pas monter plus haut, et voulant cependant essayer jusqu'à quel point on pourroit alonger la ficelle, ils se placèrent dans une grange fort longue, et firent prendre à leur ficelle une situation horizontale, au lieu de la situation verticale qu'elle avoit dans leurs premiers essais; et pour la soutenir en l'air, ainsi que la boule dorée, ils l'attachèrent avec une autre ficelle fixée à la charpente par le moyen d'un clou. Dans cette état, l'expérience ne réussit point; la boule dorée ne donna aucun signe d'électricité, quelque courte que fût la ficelle qui l'attachoit au tube de verre. Ils pensèrent que la matière électrique s'échappoit par la ficelle qui tenoit à la charpente, et que cette ficelle étant trop grosse, laissoit passer trop de cette matière. Ils firent donc usage d'un cordon de soie, qui, avec beaucoup moins de grosseur, avoit autant de force. L'expérience réussit complètement, la boule dorée s'électrisa, quelque longueur qu'ils donnassent à la ficelle qui l'attachoit au tube de verre. Ils crurent avoir deviné, et que plus le support seroit mince, plus le succès seroit certain. Pour réussir encore plus sûrement, suivant leur idée, à la place du cordon de soie, ils mirent un fil de métal beaucoup plus menu, et l'expérience manqua totalement; la boule dorée ne donna aucun signe d'électricité. Ce qui leur prouva que le succès ne dépendoit pas de la grosseur du support, mais plutôt de sa nature. Ils essayèrent ensuite différentes substances, pour connoître celles qui étoient propres à

isoler les corps ; et ils observèrent que c'étoient celles qui s'électrisent par frottement. Ce qui leur fit connoître ce que nous avons dit ci-dessus (2243), savoir, que pour électriser les corps par communication, il est nécessaire de les isoler, et que les corps les plus propres à cet effet, sont ceux qui s'électrisent le mieux par frottement. C'est ordinairement ainsi que se font les plus grandes découvertes.

2245. Pour isoler un corps qu'on veut électriser par communication, il faut donc lui donner pour support du verre, ou de la porcelaine, ou de la soie, du crin, du soufre, des résines, de la cire d'Espagne, de la cire d'abeilles, etc. (2240). On pourra choisir celle de ces matières qui conviendra le mieux, suivant le poids, la figure ou les autres qualités du corps que l'on voudra soutenir.

2246. Le P. *Ammersin*, minime, nous a appris qu'on pouvoit encore isoler les corps en les soutenant sur du bois bien séché au four, et ensuite frit dans l'huile bouillante : on en a fait des tabourets qui ont assez bien réussi. Je me suis quelquefois servi de sabots, ainsi séchés et frits, qui isoloient fort bien la personne qui les avoit aux pieds. J'ai même éprouvé que quelques feuilles de papier imbibées d'huile, isoloient passablement celui qui se plaçoit dessus.

2247. De toutes ces substances, la plus propre et la plus en usage pour isoler, est le verre : cependant il s'électrise un peu par communication, même sans qu'on y ait ajouté aucune préparation préliminaire, comme le prouve l'expérience suivante.

Expérience. Approchez fort près, ou faites toucher légèrement un tube de verre à un conducteur

(2263) électrisé : aussitôt il sera capable d'attirer et de repousser de petits corps légers ; et il n'a pas besoin pour cela d'être isolé ; car on peut le tenir à la main.

2248. On se sert, comme nous venons de le dire (2245), de corps idio-électriques pour isoler. Pour conducteur (2263), il faut au contraire se servir de corps an-électriques (2241), qui sont les métaux et l'eau, et tous les corps qui en contiennent ; car les hommes, les animaux, le bois vert, les cordes mouillées, etc. ne sont bons conducteurs d'électricité, que par l'humidité qu'ils contiennent.

Des signes par lesquels la vertu électrique se manifeste.

2249. Les signes ordinaires par lesquels la vertu électrique se manifeste dans un corps, sont tous ceux dont nous avons parlé ci-dessus (2219), en donnant la définition de l'électricité. De sorte qu'on regarde un corps comme actuellement électrisé, lorsqu'il a la propriété d'attirer à lui et de repousser des corps légers qu'on lui présente à une distance convenable ; de faire, sur la peau d'un être animé, une impression sensible au toucher ; de répandre une odeur de phosphore ; de lancer des aigrettes d'une matière lumineuse ; de produire des étincelles brillantes, qui font sentir des piqûres assez vives aux corps animés sur lesquels elles se portent ; d'enflammer des liqueurs ou vapeurs spiritueuses, etc.

2250. Il suit de là qu'on doit regarder comme actuellement électrisés, tous les corps qui sont dans le voisinage de celui qu'on électrise par le moyen de

l'appareil, quoique non isolés ; car tous ces corps produisent les mêmes effets, comme nous le verrons ci-après (2283) ; avec cette différence seulement, qu'ils ne produisent ces effets que par celui de leurs côtés qui est tourné vers le corps isolé qu'on électrise. Ces effets ne sont donc pas produits uniquement par le corps exposé à l'action de l'appareil ; ceux du voisinage y contribuent. Il faut donc considérer l'électricité comme l'action de la matière de la chaleur et de la lumière combinée avec une substance qui lui donne de l'odeur (2237), et à laquelle on a fait prendre un certain mouvement (2224), non-seulement dans les corps frottés ou isolés, mais encore dans ceux qui les avoisinent, quoique ces derniers ne soient pas isolés. On ne doit donc pas regarder le corps frotté ou le conducteur isolé comme l'unique agent de ces phénomènes, en vertu d'une matière animée ou transmise par lui seul.

Des principaux Instrumens qui servent à produire les Phénomènes électriques.

2251. Avant d'entrer dans le détail des phénomènes électriques, il est à propos de faire connoître les principaux instrumens qui servent à les produire. Ces instrumens sont, 1°. des tubes de verre, ou des bâtons de cire d'Espagne ; 2°. des machines de rotation, propres à faire tourner des globes, ou des cylindres, ou des plateaux de verre, de soufre ou de cire d'Espagne ; 3°. des conducteurs de métal, ou de substances chargées d'humidité ; 4°. des bouteilles électriques, appelées *bouteilles de Leyde* ; 5°. des batteries électriques.

2252. La première machine électrique dont on ait fait usage, étoit un tube de verre, qui, étant électrisé par frottement (2239), étoit par-là mis en état de communiquer l'électricité à d'autres corps. Le verre le meilleur pour cet usage, est cette espèce de verre blanc et tendre qu'on nomme *cristal;* celui d'Angleterre sur-tout est excellent. Les dimensions les plus commodes qu'on puisse donner au tube électrique, sont à-peu-près 1 mètre (trois pieds) de longueur, 30 millimètres (douze ou quinze lignes) de diamètre, et 3 millimètres (une bonne ligne) d'épaisseur : quoique ces dimensions soient différentes de celles que nous venons d'indiquer, cela n'empêche pas le tube d'être propre à ce que l'on en exige. Si le tube est bien cylindrique et bien droit, il n'en sera que meilleur, parce qu'il sera frotté avec plus de facilité.

2253. Il est assez indifférent que le tube soit ouvert ou fermé par ses extrémités : il est cependant bon que l'air du dedans soit à-peu-près dans le même état que celui du dehors; c'est pourquoi il est à propos que le tube soit ouvert au moins par un bout; mais il est bon de tenir cette ouverture ordinairement bouchée, afin que le tube ne se salisse pas par-dedans; car la malpropreté, et sur-tout l'humidité, nuit beaucoup à ses effets. Si, malgré ces précautions, le tube s'est sali, ou a reçu de l'humidité, pour le nettoyer ou le sécher par-dedans, on y fera couler un peu de sablon bien sec; et, après l'y avoir secoué quelque temps, on l'en fera sortir, et l'on fera glisser d'un bout à l'autre du tube, et à plusieurs fois, du coton cardé, que l'on poussera avec une baguette, ou que l'on tirera avec une ficelle.

2254. La façon dont on doit s'y prendre pour électriser le tube AB (*fig.* 525), est de le tenir d'une main par un bout A, et de l'empoigner avec l'autre main, pour le frotter à plusieurs reprises suivant sa longueur, jusqu'à ce qu'il donne des marques assez fortes d'électricité. On peut frotter ainsi le tube avec la main nue, si elle est bien sèche; mais si elle est humide par la transpiration, il faut mettre entre le verre et elle une feuille de papier gris, ou mieux encore un morceau de taffetas ciré. Il n'est pas nécessaire, pour électriser le verre, de le serrer bien fort; il suffit de le frotter légèrement, mais un peu vîte, et en serrant un peu plus lorsque la main descend que quand on la relève. Le tube étant ainsi frotté, sur-tout si le temps est sec et frais, qu'on le présente à des corps légers C, D, E, F, on les voit tous se porter vers lui, et souvent en être repoussés l'instant d'après.

2255. On peut avoir à-peu-près l'équivalent du tube électrique avec le soufre et la cire d'Espagne, en en formant des bâtons. Ces bâtons frottés, comme nous venons de dire qu'on doit frotter le tube de verre, deviennent électriques comme lui; il n'y a de différence que du plus au moins.

2256. Ces tubes étoient de bien petits instrumens, et ne produisant qu'une très-foible électricité. On imagina donc, afin de pouvoir produire un frottement plus vif, et sur une plus grande surface, de faire tourner des globes entre deux pointes, par le moyen d'une machine de rotation (*fig.* 526). Pour que cette machine soit assez grande et assez forte pour servir à toutes sortes d'expériences d'électricité,

il est bon que la roue RO ait au moins $1\frac{1}{4}$ mètre (quatre pieds) de diamètre; qu'elle soit portée sur un bâtis HICD, etc. bien solide et assez pesant, et qu'il y ait deux manivelles M, *m*, afin qu'en employant deux hommes à-la-fois pour tourner en certains cas, on puisse forcer les frottemens du globe pour augmenter les effets. Le globe S doit être porté sur des pointes entre deux poupées N, qui, si elles tiennent au bâtis de la roue, doivent être portées de façon qu'elles puissent s'en approcher ou s'en écarter toutes deux ensemble, afin qu'on puisse commodément tendre la corde lorsqu'elle change de longueur. Il faut aussi qu'il y ait une de ces poupées mobile, de façon à pouvoir s'avancer vers l'autre ou s'en écarter, afin de pouvoir placer entre elles des globes de différens diamètres : la corde de la roue RO doit communiquer immédiatement et sans renvoi avec la poulie P du globe S : 1°. parce que les renvois, tels qu'ils puissent être, augmentent la résistance; 2°. parce que les poulies de renvoi font toujours beaucoup de bruit, et qu'il y a des expériences où le bruit seroit nuisible. Si l'on étoit curieux de faire construire une pareille machine, la figure en montre assez en détail toutes les pièces, dont on connoîtra aisément les dimensions par le moyen de l'échelle qui est au-dessous.

2257. Quand on veut faire usage de cette machine, il faut tourner le globe S selon l'ordre des chiffres 1, 2, 3, et frotter son équateur avec les deux mains nues et bien sèches, ou avec un coussin de cuir rembourré de crin, qu'il est aisé d'y appliquer. On fait répondre au-dessus du globe S, une barre de fer AB (*fig.* 527), isolée avec des cordons

de soie *s*, *s*, ou quelque autre substance qui y soit propre (2245) : cette barre est ce qu'on appelle un *conducteur* (2263); parce que les métaux s'électrisant très-aisément par communication (2241), sont en effet très-bons conducteurs d'électricité.

2258. Les Anglais ont imaginé depuis quelques années, une machine électrique (*fig.* 329), dans laquelle on a substitué au globe un plateau circulaire de glace, qui en fait les fonctions. Ce plateau P*p*, qui est percé à son centre d'un trou rond, est monté sur un axe *a a* de cuivre ou de bois dur, auquel est adaptée une manivelle *a b*, par le moyen de laquelle on fait tourner le plateau. L'axe *a a* est soutenu sur deux montans verticaux de bois M*m*, N*n*, auxquels sont fixés quatre coussins *i*, *i*, etc. de cuir rembourrés de crin, qui servent à frotter le plateau qui est placé entr'eux.

2259. Devant le plateau est placé horizontalement un conducteur de cuivre ECD, portant à l'une et à l'autre de ses extrémités une boule E, D, de même métal, et terminé, vers le plateau, par deux branches courbes, A, B, qui sont elles-mêmes terminées chacune par une petite boule *d*, *f*, qui porte une pointe fine *g*, *h*, de métal qui se présente au plateau, et par lesquelles la vertu électrique se communique au conducteur. Ce conducteur est porté sur deux colonnes de verre F, G, qui servent à l'isoler (2245).

2260. Les deux branches courbes A B, du conducteur sont ordinairement terminées chacune par un godet assez large, dans lequel on place plusieurs pointes. L'expérience m'a appris que cette pluralité de

de pointes est nuisible; et qu'avec une pointe unique dans chaque godet, la vertu électrique se fait plus vivement sentir : ce qui m'a engagé à essayer d'ôter les godets et n'y laisser que les pointes *g*, *h*. Mon essai m'a très-bien réussi; car, dans ce dernier cas, l'énergie de la vertu électrique a été plus grande que dans tous les autres.

2261. Pour rendre les coussins *i*, *i*, d'un meilleur usage et plus propres à l'effet qu'on en attend, il faut les enduire d'un amalgame, fait d'étain et de mercure à consistance de beurre, et n'y pas mettre de carbonate calcaire ou craie, comme on le fait ordinairement; car cette substance attire beaucoup l'humidité de l'air, ce qui nuit considérablement à la vertu électrique du plateau. Au lieu de l'amalgame dont nous venons de parler, on frotte les coussins avec de l'*aurum musivum*, qui est une combinaison d'étain et de soufre. Pour former cette combinaison, on emploie quatre substances; savoir, de l'étain, du mercure, du soufre et du muriate d'ammoniaque, dont on peut mettre parties égales de chacun. On commence par amalgamer l'étain au mercure; l'on y ajoute ensuite le soufre et le muriate d'ammoniaque; et lorsque le mélange est bien fait, on l'introduit dans une cornue ou un matras de verre, et l'on procède à la distillation, pendant laquelle il se dégage une grande quantité de vapeurs. Lorsqu'il ne s'en dégage plus, l'opération est finie : ce qui reste dans la cornue est l'*aurum musivum*. *Ingenhouse* nous a fait connoître un autre amalgame, qu'on emploie au même usage, et qui produit un beaucoup meilleur effet. En voici la composition. On fait fondre dans un creuset 245 grammes (8 onces) d'étain et autant de zinc; et

lorsque la fusion est complète et le mélange bien fait, on retire le creuset du feu, et l'on ajoute à ce mélange 490 grammes (une livre) de mercure : on remue le tout avec soin pour le bien amalgamer : on le met ensuite dans un mortier de fer, et on le triture jusqu'à ce qu'il soit réduit en une poudre noire très-fine. On répand un peu de cette poudre sur un des coussins ; et en y en appliquant un autre, on les frotte ensemble, ce qui suffit pour leur donner à l'un et à l'autre une grande vertu, et qui dure fort long-temps.

2262. Comme dans cette machine on peut employer un très-grand plateau de glace, et qu'on peut ainsi avoir une grande étendue de surface frottée tout-à-la-fois, on peut espérer de ces sortes de machines des effets beaucoup plus grands que ceux que peuvent produire les machines à globe.

2263. On appelle *conducteurs*, les corps qui sont électrisables par communication, parce que ces sortes de corps sont propres à conduire au loin la vertu électrique qu'on leur communique. Les corps de cette nature, qui sont le plus en usage, et les plus propres à produire l'effet qu'on en attend, sont les métaux, les corps animés, l'eau et toutes les matières humides. Les premiers conducteurs dont on s'est servi, ont été faits avec des cordes de chanvre ; et lorsqu'on les a mouillées, elles ont produit beaucoup plus d'effet, parce que l'eau, étant très-électrisable par communication (2241), porte avec elle cette propriété dans tous les corps où elle se trouve. C'est pourquoi un bâton de bois vert s'électrise beaucoup mieux par communication, que ne feroit le même bâton s'il étoit séché. Un cordon de soie ou de crin, qui, s'il étoit bien sec, ne recevroit aucune vertu électrique

par communication, étant mouillé, s'électrisera aussi bien que la corde de chanvre mouillée, dont nous avons parlé ci-dessus, et fera alors un très-bon conducteur. Une suite d'hommes isolés, et qui se tiendroient tous par la main, feroit aussi un très-bon conducteur.

2264. On ne sait pas encore jusqu'où peut aller la longueur qu'on peut donner aux conducteurs : la distance à laquelle l'électricité peut s'étendre, par leur moyen, n'est pas déterminée, non plus que le temps qu'elle emploie à se propager. On peut seulement dire en général que cette distance est très-grande. On a porté la vertu électrique à plus de 422 mètres (1300 pieds), dans un temps si court qu'il étoit incommensurable, par le moyen d'une corde tendue en plein air, et soutenue de distance en distance par des cordons de soie (2245). Il est très-probable qu'on pourroit la porter considérablement plus loin en mouillant la corde, ou en employant, à sa place, un fil de métal.

2265. Il n'est pas nécessaire que le conducteur soit toujours dirigé en ligne droite; la vertu électrique le suit dans toutes les différentes directions qu'il prend, sans qu'on s'apperçoive d'aucun déchet. Cela est commode en ce que, par des retours multipliés, on peut former un très-long conducteur dans un espace médiocre. De plus, on peut, par ce moyen, rapprocher les deux extrémités l'une de l'autre, pour mettre l'observateur à portée de juger par lui-même des effets qu'il produit par l'action du corps électrisé qu'il emploie.

2266. Il n'est pas non plus nécessaire que le

conducteur soit d'une seule pièce : plusieurs verges de fer, mises bout à bout les unes des autres, conduiront la vertu électrique tout aussi bien qu'un fil de fer d'un seul bout. Il n'est pas même nécessaire que toutes les parties se touchent; on peut en interrompre la continuité par des intervalles, qui peuvent même être quelquefois assez grands, sans que la vertu électrique cesse de se porter d'une extrémité à l'autre du conducteur. Si les pièces qui forment un pareil conducteur, se trouvent à des distances convenables les unes des autres, on voit souvent à chacune de leurs extrémités briller une aigrette ou éclater une étincelle: de sorte que les intervalles qui séparent chaque pièce sont marqués par autant de feux, sur-tout si l'on opère dans l'obscurité.

2267. Il s'agit maintenant de savoir si, pour forcer les effets de l'électricité, il est plus avantageux d'augmenter la masse du conducteur, ou d'en augmenter la surface. Il paroît certain, par toutes les expériences qu'on en a faites, que l'augmentation de la masse du conducteur, toutes choses d'ailleurs égales, augmente la grandeur des effets; mais que cette augmentation dans les effets ne suit pas, à beaucoup près, celle de la masse. Il est certain aussi que l'augmentation des surfaces des conducteurs contribue beaucoup à augmenter la grandeur des effets.

Expérience. J'ai électrisé avec le même globe, et dans le même temps, deux conducteurs isolés, dont l'un étoit une tringle de fer ronde, de 1705 millimètres (5 pieds 3 pouces) de long, et qui avoit 50 millimètres (22 lignes) de circonférence; et l'autre, un tuyau de carton, couvert de papier doré, qui avoit 1787 millimètres (5 pieds 6 pouces) de long, et 596

millimètres (22 pouces) de circonférence : la tringle de fer pesoit 2478123 milligrammes (5 livres 1 once); et le tuyau de carton pesoit 749556 milligrammes (1 livre 8 onces 4 gros). La surface de la tringle étoit donc à celle du tuyau de carton dans le rapport de 1 à environ 13; tandis que la masse de la tringle étoit à celle du tuyau dans le rapport de 162 à 49, ou, à fort peu de chose près, comme 10 est à 3. Et si l'on n'avoit égard qu'à la petite quantité de métal qui couvroit le tuyau de carton, relativement à celle qui composoit la tringle, la première ne seroit peut-être pas la 200ᵉ. partie de l'autre. Ayant donc égard aux masses, l'électricité de la tringle devoit être plus forte que celle du tuyau; mais à cause de la grande augmentation de la surface du tuyau, le contraire arriva avec une différence très-marquée. Le tuyau commençoit à attirer un fil de coton à 1624 millimètres (5 pieds) de distance; et celle à laquelle la tringle produisoit le même effet, étoit de beaucoup moindre. Si l'on présentoit la main vers les bords du tuyau, à son extrémité la plus reculée du globe, on en voyoit sortir plusieurs aigrettes très-bruyantes, qui avoient 1 décimètre (3 à 4 pouces) de long; tandis que les plus belles aigrettes que fournissoit la tringle, avoient tout au plus 54 millimètres (2 pouces); en présentant le doigt au tuyau, pour en tirer une étincelle, il suffisoit d'en approcher à 54 millimètres (2 pouces) de distance; elle éclatoit alors avec un pétillement considérable, et causoit une douleur souvent insupportable, et qui se faisoit sentir jusqu'au coude; au lieu que, pour tirer des étincelles de la tringle, il falloit en approcher le doigt à 27 millimètres (1 pouce) de distance; et la douleur qu'elles causoient étoit si peu

de chose, qu'on pouvoit en tirer 7 à 8 de suite. Ce qui prouve qu'on augmente plus les effets en augmentant les surfaces des conducteurs, qu'en augmentant leurs masses. En général, on augmente encore davantage les effets en augmentant les surfaces en longueur plutôt qu'en grosseur ; de sorte qu'à quantité égale de surfaces, plus le conducteur sera long, plus les effets seront grands. Supposons un conducteur cylindrique de 1949 millimètres (6 pieds de long) et de 974 $\frac{1}{7}$ millimètres (3 pieds) de circonférence; et un autre de 23388 millimètres (72 pieds) de long, et de 81 millimètres (3 pouces) de circonférence : si l'on fait abstraction des deux bouts, les surfaces sont, dans l'un et dans l'autre, de 190 décimètres quarrés (18 pieds quarrés). Le plus long produira beaucoup plus d'effet.

2268. De tout ce que nous venons de dire (2267), l'on peut conclure, 1°. qu'un corps qui a beaucoup de masse s'électrise (à surfaces égales) plus fortement que celui qui en a moins, pourvu que la source d'où il tire sa vertu puisse y fournir :

2269. 2°. Que l'augmentation de la surface, dans le corps qu'on électrise, contribue encore davantage à augmenter la grandeur des effets :

2270. 3°. Que l'énergie de la vertu électrique ne suit ni la proportion des masses, ni celle des surfaces :

2271. 4°. Mais qu'à surfaces égales, plus le conducteur aura de longueur, plus les effest seront grands.

2272. On appelle *bouteille de Leyde*, une bouteille de verre D F (*fig.* 327) ou D G (*fig.* 328), en partie remplie ou garnie de quelques corps an-élec-

triques (2241), tels que de l'eau ou quelque substance métallique, et dont la surface extérieure F ou G est en partie garnie d'une feuille de métal, ou dont on tient à la main la surface extérieure pendant qu'on en fait usage, ou du moins dont on fait communiquer immédiatement la surface extérieure avec quelque corps an-électrique. Dans cette bouteille, on plonge une verge de métal B ou *b* qui sert à faire communiquer sa surface intérieure avec le corps duquel elle reçoit la vertu électrique. Cette bouteille est le principal instrument de l'expérience nommée par l'abbé *Nollet*, *Expérience de Leyde* (2305).

2273. On appelle *batterie électrique* (*fig.* 330) un nombre plus ou moins grand de vases de verre, garnis en dedans et en dehors de lames d'étain (excepté leur partie supérieure qui demeure sans garniture), et tous contenus dans une boîte de bois aussi doublée de lames d'étain. A, A, A, A, A, A sont six grands vases de verre garnis intérieurement et extérieurement de lames d'étain jusqu'en B, B, etc. et placés dans la boîte C D E, doublée aussi de lames d'étain. Les capacités intérieures de ces six vases communiquent ensemble par les verges de métal G H, I K, L M, N O, P Q, S T; toutes engagées dans la boule P, et isolées sur une colonne de verre R. Ces verges de métal peuvent être mises en communication avec le principal conducteur d'une machine électrique, par le moyen de la verge de métal V X. Sur un des petits côtés C D, de la boîte C D E est adaptée une pièce de cuivre en forme d'équerre Y Z, dont la partie Y communique immédiatement avec la doublure d'étain de la boîte C D E; et la partie Z sert de support aux substances que l'on veut soumettre à l'expérience.

R 4

2274. Cet appareil ainsi construit, s'électrise à la manière de la bouteille de Leyde (2305), et produit un effet d'autant plus grand, que les vases sont eux-mêmes plus grands, ou qu'il y en a un plus grand nombre. Il me semble avoir observé que, pour augmenter l'intensité de ces effets, on gagne plus en augmentant la capacité des vases qu'en en augmentant le nombre : de sorte qu'en supposant la même quantité de surfaces garnies, un petit nombre de grands vases produit plus d'effet qu'un grand nombre de petits.

Des Phénomènes électriques.

2275. Après avoir donné la définition de l'électricité (2219, nous avons examiné quelle est la nature de la vertu électrique (2224 *et suiv.*); quels sont les moyens de la faire naître (2239 *et suiv.*); quels sont les signes par lesquels elle se manifeste (2249 et 2250); et quels sont les principaux instrumens qui servent à produire les phénomènes électriques (2251 *et suiv.*). Il s'agit maintenant de voir quels sont ces phénomènes, après quoi nous rendrons compte des tentatives qu'on a faites, et des théories qu'on a imaginées pour en rendre raison.

2276. On peut diviser en deux classes tous les phénomènes électriques. Dans la première, nous renfermerons tous ces mouvemens, tant alternatifs que simultanés, auxquels on a donné les noms d'*attraction* et de *répulsion*, et généralement tout ce qui s'opère par une cause qui demeure invisible. Nous comprendrons, dans la seconde, tous les faits qui sont accompagnés de lumière, de pétillemens, de piqûres,

d'inflammations, de commotions, etc. Quoique quelques-uns de ces faits ne paroissent, au premier coup-d'œil, avoir aucune analogie avec les autres, on verra par la suite qu'ils se rapprochent, et ne sont le plus souvent que des extensions les uns des autres, ou les suites nécessaires d'une cause commune, mais variée par quelques circonstances.

2277. La matière électrique, que nous avons dit ci-dessus (2224) être en mouvement, soit au dedans, soit autour du corps électrisé, se porte progressivement aux environs jusqu'à une certaine distance, laquelle est plus ou moins grande, suivant le degré d'énergie de la vertu électrique de ce corps. La preuve de cela, c'est que cette matière emporte les corps légers qui sont à la surface du corps électrisé; et les soutient quelquefois en l'air à environ 6 décimètres (22 pouces) de distance au-dessus du corps électrisé, malgré leur poids qui s'y oppose.

Expérience. Après avoir frotté un tube de verre A B (*fig.* 531), qu'on lui présente un petit corps léger, par exemple, un duvet de plume D, ce petit corps s'épanouit et demeure suspendu à une certaine hauteur au-dessus du tube; de sorte que si l'on élève le tube, le petit corps s'élève aussi; et il s'abaisse, si l'on abaisse le tube.

2278. La matière électrique sort toujours du corps électrisé sous la forme de bouquets ou d'aigrettes, composés de rayons divergens entr'eux. Ses écoulemens prennent toujours cette forme, soit que cette matière demeure invisible, soit qu'elle soit rendue visible par son inflammation.

Expérience. Supposons une barre de fer A B (*fig.*

332) électrisée par un globe ou un plateau de verre : on appercevra, à l'extrémité B de cette barre la plus éloignée du globe ou du plateau, une ou plusieurs aigrettes E de matière enflammée, dont les rayons partant d'un point, affectent toujours beaucoup de divergence entre eux. Si l'on répand plusieurs gouttes d'eau *i, i, i, i*, sur cette barre ; en présentant le dos de la main à ces gouttes d'eau, on en verra sortir autant d'aigrettes lumineuses *e, e, e*, semblables à celle E dont nous venons de parler. Si, au lieu de gouttes d'eau, on met plusieurs petits tas D, D, de quelque poussière ou son de farine ; dans l'instant que la barre deviendra électrique, la poussière sera chassée ; mais chacun des tas prendra, en s'envolant, la forme d'une gerbe G, G, et représentera en grand l'aigrette de matière électrique, dont il suit l'impulsion. Il arriveroit de là que, si la vertu électrique avoit assez d'énergie, le corps électrisé, paroîtroit tout hérissé d'aigrettes, comme on le voit *fig.* 333.

2279. Les mêmes effets ont lieu, si la barre de fer est électrisée par un globe ou un plateau de soufre ou de cire d'Espagne ; avec cette différence seulement que tous les phénomènes n'ont pas une si grande apparence : les aigrettes lumineuses E, *e, e, e*, sont considérablement plus petites, et on leur a donné le nom de *points lumineux* ; mais elles sont, comme les autres, composées de rayons divergens, et elles paroissent, à qui les observe attentivement, avoir un mouvement progressif en avant : les gerbes G, G, ne s'élèvent pas si haut, à beaucoup près, et prennent un beaucoup moindre volume.

2280. Ce sont ces différences dans la grandeur des

phénomènes qui ont donné lieu à ces distinctions d'électricité, en *vitrée* et *résineuse*; en *plus* et en *moins*; en *positive* et *négative*; dont nous parlerons dans la suite. En effet, ces différences existent, et la distinction est fondée; mais il nous faudra examiner en quoi consistent ces différences (2285, 2565).

2281. Ces grandes et petites aigrettes ont lieu tout à la fois dans le même corps : et c'est un phénomène qui est constant et qui mérite la plus grande attention. Si l'on électrise un conducteur de métal G F (*fig.* 534) avec un globe de verre L, on voit à son extrémité la plus reculée du globe une belle et grande aigrette lumineuse F; et à l'extrémité par laquelle il communique au globe, on ne voit qu'une petite aigrette, qu'un point *lumineux* L : si à ce conducteur G F on présente une verge I de métal pointue, on n'apperçoit à sa pointe qu'un point lumineux *f*. Au contraire, si l'on électrise un conducteur de métal K E (*fig.* 535) avec un globe de soufre M, on ne voit à son extrémité la plus reculée du globe qu'un point lumineux E; et à l'extrémité par laquelle il communique au globe, on voit une belle aigrette lumineuse M bien épanouie : si à ce conducteur K E on présente une verge H de métal pointue, on voit à sa pointe une belle et grande aigrette lumineuse *e*. L'aigrette se trouve donc, dans tous les cas, à l'extrémité la plus reculée du conducteur électrisé par le verre, à l'extrémité par laquelle le conducteur communique au globle de soufre, et à la pointe présentée au conducteur électrisé par le soufre. Et le point lumineux se trouve à l'extrémité la plus reculée du conducteur électrisé par le soufre, à l'extrémité par laquelle le conducteur com-

munique au globe de verre, et à la pointe présentée au conducteur électrisé par le verre.

2282. On dit qu'un corps est électrisé *positivement* ou *en plus*, lorsqu'il fait appercevoir l'aigrette; et qu'il est électrisé *négativement* ou *en moins*, lorsqu'il ne fait voir que le point lumineux : et l'on prétend que l'électricité *positive* ou *en plus*, consiste en ce que le corps ainsi électrisé contient alors une plus grande quantité de fluide électrique, qu'il n'en contient dans son état naturel : et que l'électricité *négative* ou *en moins*, consiste en ce que ce corps contient une moindre quantité de fluide électrique que dans son état naturel. Et comme ce fluide tend toujours, ainsi que le font tous les autres, à se mettre en équilibre avec lui-même, en se répandant uniformément partout, on conclut (mais on ne prouve pas) qu'un corps électrisé *positivement* lance continuellement le fluide électrique qu'il a de trop, sans en recevoir de nouveau : et qu'au contraire, un corps électrisé *négativement* reçoit de tous les corps qui l'avoisinent, la portion de fluide électrique qui lui manque, sans en fournir à aucun. En conséquence, on dit que l'*aigrette* est le signe de la sortie de la matière électrique, et que le *point lumineux* est le signe de son entrée. Mais cela ne s'accorde pas avec les faits suivans.

2283. Car tous les corps qu'on électrise, soit par frottement, soit par communication, soit que cette électricité soit communiquée par le verre ou par des corps résineux, tout ces corps, dis-je, reçoivent, surtout des corps an-électriques qui les avoisinent, une matière semblable à celle qu'ils lancent autour d'eux

EXPÉRIENCE. Placez-vous devant un conducteur G F (*fig.* 334) électrisé par le verre, ou plutôt (afin qu'on puisse dire de part et d'autre ce que l'on éprouve) qu'un homme isolé fasse partie de ce conducteur; qu'il présente le doigt devant la main ou le visage d'un autre homme non isolé : ce dernier sentira un petit vent frais qui portera avec lui une odeur de phosphore (2249) : si à ce doigt on présente une petite bougie allumée G (*fig.* 336), une portion de la flamme et de la fumée sera soufflée en avant : si à ce doigt on accroche un petit vase K (*fig.* 337) rempli d'eau et terminé par un tuyau délié qui n'en permette l'écoulement que goutte à goutte, cet écoulement sera accéléré; il se fera par des jets continus de rayons divergens. Tout cela doit être, et l'on en voit la raison : le doigt de l'homme isolé représente l'extrémité F (*fig.* 334) du conducteur G F électrisé par le verre, à laquelle extrémité on voit une belle aigrette lumineuse F (2281 (qu'on prétend être le signe de la sortie de la matière électrique (2282). C'est donc cette matière, en s'écoulant, qui fait sentir le vent; qui fournit l'odeur de phosphore; qui souffle la flamme et la fumée; qui accélère l'écoulement de la liqueur. Maintenant que l'homme non isolé présente le doigt devant la main ou le visage de l'homme isolé, ce doigt non isolé va produire tous les effets qu'a produits le doigt isolé; il fera sentir le vent et l'odeur de phosphore; il soufflera la flamme et la fumée de la bougie que tiendra l'homme isolé; si l'on accroche à ce doigt non isolé le vase rempli d'eau, l'écoulement sera accéléré. Les mêmes effets sont certainement produits par la même cause : le doigt non isolé fournit donc une matière semblable à celle que nous avons dit être four-

nie par le doigt isolé. Voici encore un autre fait qui ne peut laisser aucun doute là-dessus. Faites communiquer au conducteur GF une soucoupe de métal isolée : mettez dans cette soucoupe, de l'huile jusqu'à une épaisseur de 16 à 18 millimètres (7 à 8 lignes); au-dessus de cette soucoupe à environ 2 décimètres (7 à 8 pouces) de distance, et vers son milieu, présentez la pointe *f* de la verge de métal I. Vous verrez l'huile s'abaisser vers le milieu, et se porter vers les bords, comme si vous l'agitiez avec un petit soufflet. Faites nager sur l'huile une petite balle de liége, et y présentez la pointe *f*. Cette balle s'enfoncera dans l'huile jusqu'à toucher le fond de la soucoupe; et elle ne se relèvera que lorsque vous retirerez la pointe. Ces effets ne peuvent certainement être produits que par une matière qui sort de cette pointe, pour se porter au corps électrisé. Donc les corps an-électriques qui sont en présence des corps électrisés par le verre, fournissent à ces derniers une matière semblable à celle qui s'en écoule. Cependant le doigt non isolé représente la verge de métal I, à la pointe de laquelle on ne voit qu'un point lumineux *f* (2281), qu'on prétend n'être que le signe de l'entrée de la matière électrique (2282), et cette pointe *f* produit les mêmes effets que le doigt non isolé : cette prétention est donc tout-à-fait mal fondée. En effet, on voit bien qu'il est impossible que les effets produits par le doigt non isolé soient causés par l'écoulement du fluide électrique, partant de l'homme isolé pour se porter vers l'homme non isolé : ils ne peuvent être causés que par un écoulement en un sens opposé au premier : donc, etc.

2284. L'extrémité E du conducteur KE (*fig.* 335) électrisé par le soufre, et qui ne fait voir qu'un point

lumineux E, produit aussi les mêmes effets, que nous venons de dire (2283) être produits par le doigt non isolé : elle fait sentir le vent et l'odeur de phosphore ; elle souffle en avant une portion de la flamme et de la fumée d'une petite bougie C; elle accélère l'écoulement de la liqueur placée dans le tuyau creux E L : elle fournit donc elle-même du fluide électrique, en même temps qu'elle en reçoit des corps voisins. Pareillement l'extrémité F du conducteur G F (*fig.* 334) électrisé par le verre, reçoit du fluide électrique des corps voisins, en même temps qu'il leur en fournit (2283).

2285. Il suit de là que le fluide électrique se meut de la même manière dans tous les corps électrisés soit par frottement, soit par communication, soit que la vertu électrique soit communiquée par le verre, ou par des corps résineux : et que la différence qui existe entre l'électricité *positive* et l'électricité *négative*, entre l'électricité *en plus* et l'électricité *en moins* (2280), ne consiste que dans la différence de l'activité du fluide électrique, comme le soupçonne *Franklin* lui-même, quoique cela soit opposé à sa théorie (2451). Lorsque son action est animée par le verre, elle a beaucoup plus d'énergie, et produit des effets plus apparens, que lorsqu'elle est animée par des corps résineux.

2286. Il suit encore de ce que nous venons de dire (2283, 2284) que tout corps électrisé, soit par frottement, soit par communication, soit par le verre, soit par des corps résineux, est entouré d'une atmosphère de ce fluide qu'on nomme *matière électrique*, dont les rayons, animés d'un mouvement

progressif, vont en deux sens opposés ; les uns partant du corps électrisé pour se porter aux environs, les autres venant à lui des corps qui l'avoisinent : ces deux courans ont lieu en même temps ; ils sont simultanées, et l'un des deux est ordinairement plus fort que l'autre. Ce qui prouve bien ce que nous avons dit ci-dessus (2250), que les corps qui sont en présence des corps électrisés, contribuent à la production des phénomènes.

EXPÉRIENCE. On sait qu'un corps électrisé attire et repousse dans le même instant des corps légers qu'on lui présente, et cela par le même côté de sa surface ; c'est-à-dire, que les uns paroissent attirés, dans le même temps que les autres sont repoussés. Ces attractions et répulsions sont certainement causées par les deux courans dont nous venons de parler : le courant qui part des corps qui avoisinent le corps électrisé, fait paroître ces petits corps attirés; et le courant qui vient du corps électrisé, les repousse : comme ces deux effets ont lieu dans le même instant ; donc ces deux courans sont simultanées. Pendant que le globe de verre F (*fig.* 358) fournit, de l'aveu de tous les physiciens, de la matière électrique au conducteur H D, si on lui présente une clef A, ou un doigt B, ou tout autre corps an-électrique, on voit clairement le fluide électrique se précipiter de ces corps sur ce globe : donc, etc. Dans le même instant que la petite feuille de métal E paroît attirée par le conducteur H D, les corps légers G, G, qui sont placés dessus, en sont repoussés. Dans le même instant que l'écoulement de l'eau contenue dans le petit vase D est accéléré (2283), celui de l'eau contenue dans le vase C, soutenu par une personne

sonne non isolée, est accéléré de même; mais il faut remarquer que cette accélération n'a lieu que par le côté du vase C qui est tourné vers le conducteur électrisé (2250). Si l'on met un fil I sur le conducteur HD, sitôt que ce conducteur devient électrique, les deux bouts de ce fil s'écartent l'un de l'autre, et sont dirigés suivant le courant du fluide électrique qui s'échappe du conducteur. Supposons donc un grand nombre de fils placés autour du conducteur AB (*fig.* 339) : chacun de ces fils *f*, *f*, se dirige de manière à représenter les prolongemens des rayons de ce conducteur : si l'on y passe un cerceau CC, garni de fils, F, F, ces derniers fils se dirigent tous vers l'axe du conducteur. Les fils *f*, *f*, sont dirigés par le fluide électrique qui sort du conducteur, et les fils F, F, sont dirigés par le fluide de même espèce qui se porte du cerceau vers le conducteur : donc les deux courans, en sens opposés de ce fluide, sont simultanées.

2287. Un corps repoussé par un corps électrisé, ne manque pas d'être attiré de nouveau par ce corps, sitôt qu'il a touché quelque corps an-électrique.

2288. Les attractions électriques sont plus vives, lorsque les corps légers présentés au corps électrisé, sont soutenus sur des supports de substances an-électriques. En général, les corps sont plus vivement attirés, s'ils sont présentés sur un support de métal ou d'une substance qui contient de l'humidité, qu'ils ne le seroient s'ils étoient présentés sur du soufre ou de la cire d'Espagne.

2289. Tous les corps ne sont pas susceptibles d'être également attirés et repoussés par un corps

actuellement électrisé. En général, ceux dont le tissu est plus serré, ceux qui sont les plus denses paroissent plus vivement attirés ou repoussés et de plus loin, que ceux qui ont moins de densité, et dont le tissu est plus lâche et plus poreux. C'est pourquoi le même ruban, s'il est seulement mouillé, ciré ou gommé, devient, par cela même, plus propre à être attiré ou repoussé, que s'il n'eût pas été ainsi préparé.

2290. Un corps électrisé, s'il est libre de se mouvoir, est attiré par un corps an-électrique non électrisé. Ainsi une petite feuille de métal, électrisée et suspendue par un fil de soie, est attirée par la main d'un homme, par un bâton de bois vert, par une verge de métal qu'on lui présente.

2291. L'électrisation accélère l'évaporation des liqueurs, ainsi que la transpiration des animaux.

Expérience. Si l'on place sur un conducteur qu'on électrise actuellement un corps humide, comme, par exemple, une éponge, il séchera plus promptement qu'il ne feroit, si on le laissoit dans le même liou, sans être exposé à l'action de l'électricité. Si l'on fait communiquer à un pareil conducteur un animal isolé, il perdra, par la transpiration insensible, plus qu'il ne feroit dans un temps égal et dans le même lieu, si la vertu électrique n'agissoit pas sur lui.

2292. Cette accélération d'évaporation et de transpiration a lieu aussi dans les corps qui, sans communiquer au corps actuellement électrisé, sont seulement placés dans son voisinage, et sans être isolés. Mais cet effet est moindre que dans le cas pré-

cédent, parce que, dans ce dernier cas, l'évaporation et la transpiration ne sont accélérées que dans le côté qui est tourné vers le corps électrisé.

2293. Les corps électrisés adhèrent les uns aux autres (2535); de façon qu'on ne peut les séparer sans un effort, qui quelquefois doit être très-grand. Tous les physiciens électrisans ont dû s'appercevoir, dans bien des occasions, qu'un duvet de plume, un fil de soie ou de coton, un petit fragment de feuille mince de métal, par exemple, d'or ou de cuivre battu, ou autre corps semblable, s'attache quelquefois au tube de verre ou au conducteur électrisé, avec tant de force, qu'on a peine à l'en séparer par le souffle le plus violent. Il arrive souvent que des fragmens de feuilles de métal pareilles à celles dont nous venons de parler, s'attachent à de la cire d'Espagne ou à du soufre électrisé, comme si on les y eût collés exprès. C'est là ce qu'on appelle *adhérence* ou *cohésion électrique.*

2294. Il y a fort long-temps qu'on a remarqué, pour la première fois, la cohésion électrique : mais personne n'a mieux fait voir combien grande pouvoit être cette cohésion, que ne l'a fait *Robert Symmer*, membre de la Société royale de Londres, dans un Mémoire qu'il a lu à la Société royale, le 21 juin 1759. On trouvera ce Mémoire dans le troisième volume des *Lettres sur l'Électricité*, publiées par l'abbé *Nollet*, *page* 57 *et suiv.* En parlant de la vertu électrique qu'acquièrent deux bas de soie, par exemple, un noir et un blanc, qu'on a tenus pendant quelque temps sur la jambe, qu'on a ensuite frottés avec la main, et tirés tous deux à la fois, il fait voir,

par des expériences très-bien faites, que ces deux bas adhèrent l'un à l'autre, avec une force telle qu'on ne peut les séparer sans un effort assez considérable. Voici les résultats de quelques-unes de ses expériences.

2295. Il a pris deux bas de soie, un blanc et un noir, qu'il a électrisés comme nous venons de le dire (2294) : le blanc pesoit 18 deniers 10 grains, et le noir pesoit 1 once 1 denier. Il faut remarquer qu'il s'agit ici de la livre de Troye, qui n'est que de 12 onces; l'once contenant 24 deniers, et le denier 20 grains : de sorte que la livre de Troye est à la livre poids de marc, comme 5760 est à 9216, ou, ce qui est la même chose, comme 5 est à 8. Le poids du bas blanc équivaloit donc à 5 gros 10 grains, poids de marc (19652 milligrammes); et le poids du bas noir équivaloit à 6 gros 68 grains (26557 milligrammes). Le bas blanc étant inséré dans le noir, a porté 1 livre 5 onces 1 denier, ou 14 onces 1 gros 44 grains, poids de marc (434479 milligrammes), y compris son propre poids et celui du bassin de balance qui y étoit accroché. De sorte que la cohésion du bas blanc au bas noir équivaloit à un peu plus de 22 fois le poids du bas blanc.

2296. Ayant fait la même expérience dans un temps plus favorable, avec des bas semblables, et ayant retourné à l'envers le bas blanc, ce dernier inséré dans le noir, de façon qu'ils s'entretouchoient par leurs envers, qui étoient velus jusqu'à un certain point; ce dernier, dis-je, a porté jusqu'à 3 livres 3 onces, c'est-à-dire, 2 livres 0 onces 4 gros, poids de marc (994309 milligrammes). De sorte que la

cohésion du bas blanc au bas noir équivaloit alors à plus de 50 fois le poids du bas blanc.

2297. *Symmer* a répété les mêmes expériences avec des bas plus forts. Le bas blanc pesoit 1 once 16 deniers 8 grains; ce qui équivaut à 1 once 3 gros 16 grains, poids de marc (42917 milligrammes); et le bas noir pesoit 2 onces 4 deniers 2 grains, c'est-à-dire, 1 once 6 gros 54 grains, poids de marc (55346 milligrammes). Le bas blanc inséré dans le noir, mais sans avoir été retourné, de façon que la surface extérieure du blanc touchoit la surface intérieure du noir, a porté près de 9 livres; ce qui équivaut à 5 livres 10 onces, poids de marc (2755470 milligrammes). De sorte que la cohésion du bas blanc au bas noir équivaloit alors à environ 64 fois le poids du bas blanc.

2298. Il a ensuite répété la même expérience avec les mêmes bas, mais en retournant le bas blanc à l'envers, et l'insérant dans le noir, de façon que les deux envers étoient appliqués l'un sur l'autre. Dans ce dernier cas, le bas blanc a soutenu jusqu'à 15 livres 1 denier 10 grains, avant d'être séparé du noir; ce qui équivaut à 9 livres 6 onces 0 gros 50 grains, poids de marc (4590711 milligrammes). De sorte que la cohésion du bas blanc au bas noir équivaloit alors à près de 107 fois le poids du bas blanc. Eût-on jamais cru que la cohésion électrique pût être aussi grande?

2299. J'ai répété ces expériences, et j'en ai trouvé les résultats conformes à ce qu'annonce *Symmer*. Lorsqu'on fait sortir le bas blanc du bas noir, et qu'on en tient un de chaque main suspendu en l'air, ils se gonflent, comme si la jambe étoit encore de-

dans : si on les approche l'un de l'autre de 10 ou 12 pouces, ils se portent précipitamment l'un sur l'autre, et adhèrent fortement ensemble; mais cette adhérence n'est pas, à beaucoup près, aussi grande que lorsque les bas sont l'un dans l'autre. *Symmer* a prétendu que le succès de cette expérience dépendoit du contraste du noir et du blanc, comme *couleur:* mais cette prétention étoit très-mal fondée; car j'ai fait la même expérience, en substituant au bas noir, un bas mordoré, ou même un bas blanc engallé: elle m'a réussi avec un bas de soie noire et un bas de laine grise ou un bas de peau jaune : j'ai même obtenu quelque succès avec deux bas de soie blanche et sans aucune préparation; mais il faut avouer que, dans ce cas-là, les effets étoient très-foibles. Le moyen de réussir plus sûrement, et d'obtenir les plus grands effets, est de faire usage de deux bas de soie, l'un noir et l'autre blanc, et tout neufs, ainsi que l'a fait *Symmer*.

2300. Lorsqu'un conducteur (2263) est terminé par une pointe fine, il ne donne que de très-foibles signes d'électricité : il acquiert et conserve plus difficilement la vertu électrique que s'il étoit arrondi ou coupé quarrément par l'extrémité. Pareillement, si à un conducteur fortement électrisé on présente, même d'assez loin, une pointe très-fine d'une substance an-électrique, aussitôt les signes d'électricité, que donne ce conducteur, sont considérablement diminués, quoiqu'ils ne soient pas totalement éteints; et cette diminution est d'autant plus considérable, et a lieu d'une distance d'autant plus grande, que la pointe est plus déliée. Si l'on retire la pointe, sur le champ les signes d'électricité reparoissent : si on la

présente de nouveau, ils disparoissent dans l'instant. C'est là ce que l'on appelle le *pouvoir des pointes.* C'est *Francklin* qui a le premier remarqué ce pouvoir des pointes qui est très-réel : nous verrons ci-après (2412) comment il en rend raison. Ces pointes, paroissant avoir la propriété de soutirer, en quelque façon, l'électricité d'un conducteur, ont fait imaginer à *Francklin* de soutirer, par le même moyen, l'électricité d'un nuage orageux. Voilà l'origine des *paratonnerres* (2576).

2301. Les aigrettes enflammées *a b* (*fig.* 338) qu'on apperçoit aux extrémités et aux angles des corps électrisés, sont toujours composées de rayons divergens entr'eux, quand elles passent dans l'air : mais si on les fait arriver dans un espace vidé d'air, elles prennent alors une autre forme. Supposons que dans un vase de verre L, à deux goulots, on ait introduit une tringle *t* de métal, bien cimentée à la garniture du goulot *g*; qu'à l'autre goulot *i* on adapte un robinet *r*, au moyen duquel on puisse appliquer ce vase à la machine pneumatique, et le vider d'air; qu'ensuite on fasse communiquer cette tringle *t* avec le globe F : sitôt qu'elle s'électrise, on voit à l'extrémité de la tringle *t*, qui aboutit dans le vase L, un gros jet de lumière *f* à-peu-près cylindrique ou en forme de fuseau. Les rayons ne divergent plus, parce qu'ils ne rencontrent pas d'air; ce qui prouve que c'est la résistance de l'air qui occasionne cette divergence.

2302. Quand on approche assez près d'un corps électrisé, un corps an-électrique, tel que le doigt d'un homme ou une verge de métal, il éclate entre l'un et

l'autre une vive étincelle; mais cette étincelle n'a jamais lieu, si le corps approché du corps électrisé est idio-électrique, si c'est, par exemple, du verre, ou du soufre, ou quelque résine.

2303. Ces étincelles se multiplient par une suite de conducteurs non contigus; c'est-à-dire, qu'il éclate une étincelle dans chaque endroit *h, i, k, l*, (*fig.* 328) où les conducteurs ne se touchent pas, pourvu qu'ils soient assez proches les uns des autres : et le degré de proximité est relatif au degré d'énergie de l'électricité actuelle. L'intervalle qui sépare les conducteurs doit être d'autant plus petit, que l'énergie de l'électricité du principal conducteur A B est moindre.

2304. L'étincelle qui éclate entre deux corps est capable d'enflammer des matières combustibles. Supposons qu'un homme isolé et communiquant au conducteur A B (*fig.* 327) tienne à sa main M une cuiller pleine d'esprit-de-vin; si un autre homme non isolé y présente le doigt N, il éclatera, entre le doigt et la cuiller, une étincelle qui enflammera l'esprit-de-vin. La même chose arriveroit, si l'homme non isolé N tenoit la cuiller, et que l'homme isolé M y présentât le doigt, ou un morceau de métal. Il est nécessaire, pour cela, que la cuiller et le corps présenté soient de substances an-électriques; car si, par exemple, la cuiller étoit de verre, ou que le corps présenté fût un bâton de cire d'Espagne, il n'y auroit point d'étincelle (2302); par conséquent point d'inflammation.

2305. Si l'on tient d'une main un vase de verre ou de porcelaine, comme, par exemple, une bouteille de verre mince F, en partie pleine d'eau, dans

laquelle soit plongé le bout d'une verge de métal D électrisée, et qu'on approche l'autre main de cette verge ou du conducteur A B auquel elle communique, et par lequel elle s'électrise, pour en tirer une étincelle E, on éprouve une violente et subite commotion. Cette expérience n'a été connue en France qu'au commencement de l'année 1746, par deux lettres datées de Leyde, l'une de *Musschenbroëck* à *Réaumur,* et l'autre d'*Allaman* à l'abbé *Nollet.* Comme ces Messieurs ne marquèrent point expressément par qui cette expérience avoit été faite pour la première fois, l'abbé *Nollet,* qui fut le premier qui la répéta en France, la nomma l'*Expérience de Leyde;* nom qu'elle a toujours porté depuis, quoiqu'on ait appris, dans la suite, que ce fut *Cuneus* qui la fit pour la première fois.

2306. En général cette expérience réussira toutes les fois qu'on électrisera fortement par communication un corps idio-électrique, qui touche d'une part au conducteur isolé par lequel il s'électrise, et de l'autre à une personne, isolée ou non, qui tire une étincelle du premier. Pour électriser fortement par communication ce corps idio-électrique, il suffit qu'une portion de chacune de ses surfaces ne soit pas en contact immédiat avec l'air. Voilà pourquoi on met, dans la bouteille F, de l'eau ou de la limaille de fer, de cuivre, etc. ou quelque autre corps an-électrique; et pourquoi on prend à la main la surface extérieure, ou bien on la garnit d'une feuille d'étain. Dans cette expérience, il y a toujours une des surfaces du corps électrisé, qui est plus chargée que l'autre de fluide électrique.

Voilà les principaux phénomènes électriques :

examinons maintenant les tentatives qu'on a faites, et les théories qu'on a imaginées pour en rendre raison.

Théorie de l'Électricité de Dufay (1).

2307. *Dufay* a posé d'abord ces deux principes généraux :

1°. *Que tout corps électrisé, soit par frottement, soit par communication, est entouré d'un tourbillon qui s'étend plus ou moins loin, et au moyen duquel on peut expliquer, non-seulement les attractions et répulsions, mais même tous les phénomènes électriques :*

2308. 2°. *Qu'il y a deux sortes d'électricités réellement distinctes l'une de l'autre;* savoir, l'une appartenant au verre, au cristal, aux pierres précieuses, etc. et qu'il appeloit *électricité vitrée;* et l'autre appartenant à l'ambre, au jayet, à la gomme-copal, et autres résines, et qu'il appeloit *électricité résineuse.*

2309. De peur d'altérer en rien ses explications, voyons ce qu'il dit lui-même (*Mém. de l'Acad. des Scienc. année* 1733, *page* 458 *et suiv.*). On frotte bien le tube pour le rendre électrique, et le tenant dans une situation horizontale, on laisse tomber au-dessus une parcelle de feuille d'or : cette feuille présente ordinairement la tranche, si le tube est bien électrique, parce que de cette manière elle fend l'air avec plus de facilité; et sitôt qu'elle a touché le tube, elle

(1) Cette théorie est extraite des *Mémoires* que *Dufay* a publiés parmi ceux de l'*Académie des Sciences*, *année* 1733, *page* 458 *et suiv.*; *et année* 1734, *page* 523 *et suiv.*

est repoussée en haut perpendiculairement, à la distance de huit ou dix pouces : elle demeure presque immobile en cet endroit; et, si on en approche le tube en l'élevant, elle s'élève aussi, ensorte qu'elle s'en tient toujours dans le même éloignement, et qu'il est impossible de l'y faire toucher. On peut la conduire où l'on veut de la sorte, parce qu'elle évitera toujours le tube....

2310. Il est à observer, dit *Dufay*, que, par la distance à laquelle la feuille se tient éloignée du tube, on peut juger de l'étendue du tourbillon électrique, et que, conduisant la feuille au-dessus de toutes les parties du tube, soit en le tournant sur son axe, soit en le mettant dans une situation verticale, on peut se former l'image des limites du tourbillon, ou plutôt celle de la couche du tourbillon, qui a assez de force pour résister au poids de la feuille : car, si l'on en prend de très-petits fragmens, on voit qu'ils se soutiennent à une beaucoup plus grande distance....

2311. L'explication de ce fait est bien simple, dit encore *Dufay*, en supposant le principe que je viens d'avancer; car, lorsqu'on laisse tomber la feuille sur le tube, il attire vivement cette feuille, qui n'est nullement électrique; (*remarquez que* Dufay *dit bien que cette feuille est vivement attirée; mais il ne dit ni pourquoi ni comment*), mais dès qu'elle a touché le tube, ou qu'elle l'a seulement approché, elle est rendue électrique elle-même, et par conséquent elle en est repoussée, et s'en tient toujours éloignée, jusqu'à ce que le petit tourbillon électrique, qu'elle avoit contracté, (et qui tend à s'étendre en sens contraire de celui du tube) soit dissipé, ou du moins considé-

rablement diminué; n'étant plus repoussée alors, elle retombe sur le tube, où elle reprend un nouveau tourbillon, et par conséquent de nouvelles forces pour l'éviter; ce qui continuera tant que le tube conservera sa vertu.

2312. Quant aux deux genres d'électricité, réellement distincts l'un de l'autre, de l'existence desquels *Dufay* étoit intimement persuadé, il les avoit, dit-il, déduits de l'expérience. Il avoit observé que la feuille de métal, repoussée par le tube électrisé, étoit attirée par un morceau de gomme-copal, ou d'ambre, ou de cire d'Espagne électrisé; tandis que cette même feuille étoit repoussée par un autre tube, ou un morceau de cristal nouvellement frotté. C'est en conséquence de ces expériences qu'il dit (*Mém. de l'Académie des Sciences, année* 1733, *pag.* 467), voilà donc constamment deux électricités d'une nature toute différente; savoir, celle des corps transparens et solides, comme le verre, le cristal, etc. et celle des corps bitumineux ou résineux, comme l'ambre, la gomme-copal, la cire d'Espagne, etc. Les uns et les autres repoussent les corps qui ont contracté une électricité de même nature que la leur; et ils attirent, au contraire, ceux dont l'électricité est d'une nature différente de la leur.

2313. Si *Dufay* avoit eu le temps de pousser plus loin ses recherches, il se seroit sûrement apperçu que les expériences, qui lui ont fait admettre ces deux sortes d'électricité, manquent très-souvent, et que le corps repoussé par le verre est aussi repoussé par le corps résineux; auquel cas ces résultats sont tout-a-fait opposés à ceux qu'il a observés, et qui lui ont fait conclure l'existence de ces deux sortes d'électri-

cité : en conséquence il auroit sans doute changé d'avis à leur égard.

Nous allons ajouter ici les propositions qu'il a cru devoir déduire de toutes les expériences qu'il a faites sur cette matière ; les voici :

2314. 1°. Tous les corps qui sont dans la nature, sont susceptible d'électricité, à l'exception des métaux et des matières qui ne sont pas de consistance à pouvoir être frottées.

2315. 2°. Tous, sans exception, même les liquides, deviennent électriques par communication ; la flamme seule ne le devient point, et n'est point attirée par les corps électriques.

2316. 3°. Les corps naturellement électriques sont les seuls qui le puissent devenir par communication, étant posés sur un appui ou base de métal, de bois, ou d'autre matière qui n'est que peu ou point électrique : et, au contraire, ils le deviennent moins que tout autre, sur une base disposée à l'électricité.

2317. 4°. Les matières naturellement électriques, interposées entre le tube et les feuilles d'or, ou autres corps légers, laissent passer les écoulemens électriques, au lieu que toutes les autres matières les interceptent.

2318. 5°. Les corps électriques sont les moins propres de tous à transmettre au loin l'électricité, et les corps mouillés y sont les plus propres.

2319. 6°. Le plus grand vent ne détourne point les écoulemens électriques, que l'on fait communiquer au-delà de 1250 pieds (406 mètres), au moyen d'une corde ou de quelqu'autre corps continu.

2320. 7°. Les corps de même nature s'imprègnent

de l'électricité, ou l'interceptent à-peu-près en raison de leur volume.

2321. 8°. Il sort des étincelles brûlantes d'un corps vivant rendu électrique par la communication du tube; et cette lumière ne cause aucune sensation de douleur, si elle sort d'un corps inanimé.

2322. 9° Il y a deux électricités différentes et distinctes l'une de l'autre; savoir, la *vitrée* et la *résineuse*, dont l'une attire les corps repoussés par l'autre.

2323. 10°. Les corps électriques attirent toujours et indistinctement tous ceux qui ne le sont point, et repoussent au contraire tous ceux qui sont doués de celle des deux électricités, qui est de même espèce que la leur.

2324. 11°. L'air humide et chargé de vapeurs nuit à l'électricité, de quelque nature qu'elle soit, et diminue considérablement ses effets.

2325. 12°. Les corps électriques, placés dans le vide, y exercent leur action; mais la matière de l'électricité se porte plutôt dans le vide que dans le plein : ensorte qu'un tube ou un globe vide d'air ne fait d'effet sensible que dans son intérieur.

2326. 13°. L'air condensé dans l'intérieur du tube paroît nuire, autant que l'air raréfié, aux effets extérieurs de l'électricité.

2327. 14°. Tous les corps dont l'électricité est un peu considérable, soit qu'elle soit vitrée ou résineuse, sont lumineux, avec quelques différences néanmoins dans la lumière qui est excitée par le frottement.

2328. 15°. La matière de cette espèce de lumière n'est pas la même que celle de l'électricité, l'une de ces deux propriétés pouvant subsister indépendamment de l'autre.

2329. 16°. Enfin les corps résineux, quoique opaques, donnent un libre passage à la lumière lorsqu'elle émane de la matière électrique, ou du moins qu'elle en est accompagnée. (Voyez *Mém. de l'Acad. des Sienc. année* 1734, *pag.* 523 *et suiv.*)

2330. Il est aisé de voir que cette théorie a été faite dans l'enfance de l'électricité, dans un temps où l'on n'avoit encore que peu de connoissance en cette science. Au moins la moitié de ces propositions sont fausses ou insignifiantes. Si *Dufay* eût vécu plus longtemps, il est probable qu'il n'auroit pas manqué de s'en appercevoir; et même, dès l'année 1737, il rectifia ce qu'il avoit énoncé dans sa huitième propotion (2321), et observa que les étincelles, même celles qui sortent des corps inanimés, sont capables de causer aux corps animés une sensation de douleur. On voit, par la quatorzième proposition (2327), qu'il avoit très-bien observé qu'il y a une différence entre les feux électriques, dont les uns sont excités par le verre, et les autres par les corps résineux (2281) : ce qui a donné lieu, dans la suite, à la distinction de l'électricité, *en plus* et *en moins*; *en positive* et *en négative* (2282).

Théorie de l'Électricité de l'abbé Nollet (1).

2331. Toute la théorie de l'abbé *Nollet* est fondée sur les trois principes suivans, qu'il a déduits de l'expérience :

1°. *Un corps électrisé par frottement ou par communication, lance de toutes parts des rayons de matières électriques, qui s'étendent dans l'air ou dans les autres corps d'alentour.*

2332. 2°. *Tant que durent ces émanations, une pareille matière vient de toutes parts au corps électrisé, en forme de rayons convergens.*

2333. 3°. *Ces deux courans de matière électrique, qui vont en sens contraires, exercent leurs mouvemens en même temps; et l'un des deux est ordinairement plus fort que l'autre.*

2334. Ce sont ces deux courans opposés que l'abbé *Nollet* a nommés *effluences* et *affluences simultanées.* Il les représente, en supposant (*fig.* 540) une portion annulaire d'un tube, ou l'équateur d'un globe, tout hérissés d'aigrettes *a*, *a*, *a*, etc. entre lesquelles se glisse une matière *b*, *b*, *b*, etc. semblable à celle qui les forme, mais qui se meut en sens contraire. Les aigrettes *a*, *a*, etc. qui partent du globe électrisé, sont la matière *effluente* : et la matière semblable *b*, *b*, etc. qui se rend au globe, est la matière *affluente*. Et comme ces deux courans ont lieu tout à la fois, cela

(1) Cette théorie est extraite des différens ouvrages que l'abbé *Nollet* a publiés sur l'électricité.

forme

forme ce qu'il appelle *effluences* et *affluences simultanées.*

2335. Pour bien faire connoître l'opinion de l'abbé *Nollet* sur la vertu électrique, il est nécessaire de rapporter ici toutes les propositions qu'il regarde comme évidemment prouvées par l'expérience, et au moyen desquelles il prétend rendre raison de tous les phénomènes électriques. Elles sont au nombre de trente-quatre.

2336. 1°. L'électricité est l'effet d'une matière fluide qui se meut autour et au-dedans du corps électrisé.

2337. 2°. Ce fluide n'est ni la matière propre du corps électrisé, ni l'air grossier que nous respirons.

2338. 3°. Il est très-probable que la matière électrique est la même que celle du feu élémentaire et de la lumière, unie à quelqu'autre substance qui lui donne de l'odeur.

2339. 4°. Cette matière est présente partout, dans l'intérieur des corps, comme dans l'air qui les environne.

2340. 5°. De tous les corps qui ont assez de consistance pour être frottés, ou dont les parties ne s'amollissent point trop par le frottement, il en est peu qui ne s'électrisent quand on les frotte.

2341. 6°. Tous les corps qu'on peut électriser en frottant, ne sont pas capables d'acquérir un égal degré d'électricité par cette opération.

2342. 7°. Les matières les plus électriques, après avoir été frottées, sont celles qui ont été vitrifiées;

et ensuite le soufre, les gommes, certains bitumes, les résines, etc.

2343. 8°. Les corps vivans, les métaux parfaits ou imparfaits ne deviennent point électriques par frottement.

2344. 9°. Il paroît qu'il y a fort peu de matières, en quelque état qu'elles soient, qui ne reçoivent l'électricité d'un autre corps actuellement électrique.

2345. 10°. Il y a des espèces auxquelles on communique l'électricité bien plus aisément et bien plus fortement qu'à d'autres : tels sont les corps vivans, les métaux, et assez généralement toutes les matières qu'on ne peut électriser par frottement, ou qui ne le deviennent que peu et difficilement par cette voie.

2346. 11°. Et au contraire les corps qui s'électrisent le mieux par frottement, le verre, le soufre, les gommes, les résines, la soie, etc. ne reçoivent que peu ou point d'électricité par communication.

2347. 12°. Les effets paroissent être les mêmes au fond, soit que l'électricité naisse par frottement, soit qu'elle s'acquière par communication.

2348. 13°. La voie de communication est un moyen plus efficace que le frottement, pour forcer les effets de l'électricité.

2349. 14°. La matière électrique excitée, ou mise en action, se meut, autant qu'elle peut, en lignes droites, et son mouvement, pour l'ordinaire, est un mouvement progressif qui transporte ses parties.

2350. 15°. La matière électrique est assez subtile pour pénétrer au travers des corps les plus durs et les plus compactes.

2351. 16°. Mais elle ne les pénètre pas tous avec la même falicité. Les métaux, les corps vivans, les corps humides et l'eau sont ceux dans lesquels elle passe le plus facilement. Le verre, le soufre, la cire d'Espagne, les résines, la soie, sont ceux dans lesquels elle a le plus de peine à pénétrer, à moins que ces corps ne soient frottés ou chauffés.

2352. 17°. L'air de notre athmosphère n'est pas autant perméable pour la matière électrique, que les métaux, les corps vivans, l'eau, etc.

2353. 18°. Quand la matière électrique sort d'un corps avec impétuosité, et qu'elle débouche dans l'air, soit qu'elle soit visible ou non, elle se divise en plusieurs jets divergens qui forment une espèce de gerbe ou d'aigrette.

2354. 19°. Cette matière invisible, qui agit beaucoup au-delà des aigretttes lumineuses, n'est autre chose qu'une prolongation de ces rayons enflammés; et toute matière électrique, dont le mouvement n'est point accompagné de lumière, ne diffère de celle qui éclaire ou qui brûle, que par un moindre degré d'activité.

2355. 20°. Un corps électrisé par frottement ou par communication, lance de toutes parts des rayons de matière électrique, qui s'étendent dans l'air ou dans les autres corps d'alentour (2331).

2356. 21°. Tant que durent ces émanations, une pareille matière vient de toutes parts au corps électrisé, en forme de rayons convergens (2332).

2357. 22°. Ces deux courans de matière électrique, qui vont en sens contraires, exercent leurs mou-

vemens en même temps, et l'un des deux est ordinairement plus fort que l'autre (2335).

2358. 23°. La matière électrique ne circule point autour du corps électrisé; et l'athmosphère qu'elle forme, n'est point un tourbillon proprement dit.

2359. 24°. Les pores par lesquels la matière électrique sort du corps électrisé, ne paroissent pas être en aussi grand nombre que ceux par lesquels elle y rentre.

2360. 25°. La matière qui vient au corps électrisé, ne lui est pas fournie par l'air seulement, mais aussi par tous les autres corps du voisinage, qui sont susceptibles de s'électriser par communication.

2361. 26°. La matière qui sort du conducteur isolé par les différentes parties de sa surface, qui n'aboutissent point au globe, vient en bonne partie de ce globe et du corps qui le frotte.

2362. 27°. La matière électrique qui vient de toutes parts au conducteur isolé, se rend, en grande partie, au globe et au corps qui le frotte, d'où elle passe dans l'air environnant ou dans les autres corps contigus.

2363. 28°. Un corps actuellement électrique attire et repousse toutes sortes de matières indistinctement, pourvu qu'elles ne soient pas retenues invinciblement par trop de poids, ou par quelque autre obstacle.

2364. 29°. Il y a certaines matières sur lesquelles l'électricité a plus de prise que sur d'autres.

2365. 30°. Cette disposition plus ou moins grande à être attiré ou repoussé par un corps électrique, dé-

pend moins de la nature des matières, de leur couleur, etc. que d'un assemblage plus ou moins serré de leurs parties.

2366. 31°. L'électricité n'est point un état permanent; elle s'affoiblit, et elle cesse d'elle-même après un certain temps, suivant le degré de force qu'on lui fait prendre, et la nature des matières dans lesquelles on la fait naître.

2367. 32°. Les corps électrisables par communication perdent aisément leur vertu par l'attouchement d'un autre corps de même nature non isolé.

2368. 33°. Le verre électrisé par frottement ou même par communication, ne se désélectrise pas de même, et peut garder son électricité bien plus longtemps que les conducteurs ordinaires.

2369. 34°. Il est de toute évidence que les attractions, répulsions et autres phénomènes électriques sont les effets d'un fluide subtil, qui se meut autour du corps que l'on a électrisé, et qui étend son action à une distance plus ou moins grande, selon le degré de force qu'on lui a fait prendre.

2370. Cette théorie de l'abbé *Nollet* me paroît assez bien déduite des faits, quoiqu'elle ne satisfasse pas à tout : le très-grand nombre des propositions qu'il avance, m'ont paru évidemment prouvées par les expériences qu'il cite, et par celles que j'ai faites moi-même; et l'on en peut tirer un grand parti. En effet, on peut, par leur moyen (comme nous le verrons ci-après), expliquer d'une manière très-plausible, la plupart des phénomènes électriques.

2371. Celui de tous, par exemple, qui est le plus anciennement connu, et en même temps le plus

constant, et qui en est un des plus importans, savoir, celui des attractions et répulsions simultanées, opérées, non-seulement par le même corps électrisé, mais même par une seule et même surface de ce corps, peut être expliqué d'une manière très-satisfaisante par cette théorie. Si l'on demande donc pourquoi un corps actuellement électrisé, soit par frottement, soit par communication, attire et repousse, par une même surface, et en même temps, les corps légers qu'on lui présente et qui sont libres d'obéir à son action; de sorte que les uns sont attirés dans le même instant pendant lequel les autres sont repoussés : voici la raison qu'en donne l'abbé *Nollet*. *Un corps actuellement électrisé lance de toutes parts une matière fluide* (2355), *qui sort en forme de bouquets ou d'aigrettes, dont les rayons divergent entre eux* (2353), *et qui se porte progressivement aux environs, jusqu'à une certaine distance* (2349). *Cette matière*, qu'on nomme *effluente* (2351), *est en même temps remplacée par une matière semblable qui vient de toutes parts au corps électrisé* (2356), et qu'on a nommée *matière affluente* (2354). Ces deux matières, *effluente* et *affluente*, ayant *un mouvement progressif et simultané* (2357), doivent emporter avec elles tout ce qu'elles rencontrent d'assez libre pour obéir à leur impulsion. Mais, comme *ces deux courans de matière se meuvent en sens contraires* (2357), de tous les corps légers qui se trouvent dans la sphère d'activité du corps électrisé, les uns sont emportés vers ce corps électrisé par le courant de matière *affluente*, et ainsi paroissent attirés; et les autres en sont repoussés par le courant de *matière effluente*, suivant qu'ils donnent plus ou moins de prise à l'un ou à

l'autre de ces deux courans. Il paroît impossible de rendre raison de pareilles attractions et répulsions simultanées, si l'on n'admet pas dans le même temps ces deux courans de matière électrique: et une théorie au moyen de laquelle on ne pourra pas expliquer ce phénomène, peut, à coup sûr, être regardée comme insuffisante.

Théorie de l'Électricité de Jallabert (1).

2372. Je suppose d'abord, dit *Jallabert, un fluide très délié, très élastique, remplissant l'univers et les pores des corps, même les plus denses, tendant toujours à l'équilibre, ou à remplacer les vides occasionnés.* Je suppose encore que *la densité de ce fluide n'est pas la même dans tous les corps; qu'il est plus rare dans les corps denses, et plus dense dans les corps rares;* en sorte que les interstices que laissent entre elles les particules de l'air, renferment un fluide plus dense que ne font, par exemple, les pores du bois ou du métal.

2373. Ces principes admis, on conçoit aisément que si l'on frotte un tube ou un globe de verre, non-seulement les particules électriques qui occupent les pores de la surface seront ébranlées, mais encore que les fibres du corps frotté acquerront, en vertu de leur élasticité, un mouvement de vibration pareil à-peu-près à celui d'une corde pincée, dont les plus petites fibres, indépendamment de la vibration totale de la corde, font chacune des vibrations particu-

(1) Cette théorie est extraite de l'ouvrage de *Jallabert*, intitulé: *Expériences sur l'Électricité, avec quelques conjectures sur la cause de ses effets*, publié à Genève en 1748.

lières, et sont comme autant de pointes sonores qui répandent le son de toutes parts.

2374. Les fibres élastiques du verre ne sauroient être ainsi agitées, qu'en même temps la matière de l'électricité ne soit chassée et lancée avec une certaine force hors du globe, et que le fluide électrique, répandu dans l'air, ne soit poussé et comprimé; et comme ce fluide apporte de la résistance à sa condensation, la matière électrique, en s'éloignant par ondulation du globe, devient plus dense et plus élastique jusqu'à un certain point, et il se forme autour du corps frotté une athmosphère plus ou moins étendue, dont les couches les plus denses sont vers la circonférence, et diminuent en densité jusqu'au corps électrisé. Un corps léger qui se trouveroit au-dedans de la couche la plus élastique, seroit donc poussé de celle-là à la couche voisine, qui est plus foible; et ainsi de couche en couche, jusqu'au globe.

2375. Mais la force avec laquelle la matière électrique est chassée hors du corps frotté, étant bientôt consumée par la résistance du fluide des environs, ce fluide, condensé au-delà de son état naturel, doit, en se rétablissant, pousser à son tour la matière électrique sortie du globe, et l'obliger à rebrousser vers lui. Cette matière, en retournant vers le globe, ne s'y met pas d'abord en équilibre; plus elle en approche, plus elle s'y condense tout autour, et le corps léger est repoussé d'une couche plus élastique dans une autre qui l'est moins, jusqu'à l'extérieure ou la moins dense. Ainsi le fluide électrique est, autour du corps électrisé, dans de perpétuelles oscillations de dilatation et de contraction, par l'action du fluide

qui s'échappe de ce corps, et la réaction du fluide dont l'air abonde. C'est cette action du fluide que la force du frottement exprime des pores du globe, et cette réaction du fluide répandu dans l'air, qui produisent l'attraction et la répulsion. (*Il faut remarquer ici que cette* action *et cette* réaction *expliquent tout au plus les* attractions et répulsions alternatives *d'un corps léger; mais elles n'expliquent point du tout les* attractions et répulsions simultanées, *opérées par un même côté de la surface d'un corps électrisé* (2286, 2558).

2376. Quoique le fluide électrique réside en plus ou moins grande quantité dans tous les corps, il ne peut cependant produire un effet sensible s'il n'est ébranlé et mis en mouvement par quelque cause extérieure : la chaleur et le frottement le mettent en action d'une manière particulière.

2377. Mais cette même chaleur, qui augmente le ressort des fibres de certains corps, et qui agite vivement le fluide électrique qui réside dans leurs pores et sur leur surface, produit sur d'autres corps des effets tout-à-fait opposés, quand on les frotte ou qu'on les échauffe. Cette chaleur, en les dilatant et en les ramollissant, change leur contexture naturelle; elle affoiblit l'élasticité de leurs fibres, et par conséquent éteint en eux cette facilité qui sert à développer l'électricité. (*Je doute qu'on trouve ce raisonnement bien satisfaisant.*)

2378. C'est donc par le différent tissu des corps, et par les divers degrés de densité du fluide électrique qui réside dans leurs pores, qu'il faut expliquer pourquoi une médiocre chaleur, ou une légère friction,

rendent certains corps électriques; pourquoi d'autres ne le deviennent qu'après avoir été chauffés et frottés avec force; et pourquoi d'autres, quelque vivement que vous les chauffiez et frottiez, n'acquièrent qu'une foible électricité, ou n'en contractent aucune.

2379. Les fluides et les corps mous, qui, ayant cédé à une légère impression, ne se rétablissent point ensuite, et qui, par conséquent, sont incapables d'un mouvement oscillatoire, ne sauroient, par cela même, être rendus électriques.

2380. Si les métaux les plus denses des corps, ne peuvent être rendus électriques par le frottement ou par la chaleur, c'est que le fluide qui y réside, étant fort rare, le frottement ne peut exprimer de leurs pores une quantité suffisante de ce fluide pour former, autour d'eux, une athmosphère sensible. (*Comment cette quantité du fluide peut-elle donc devenir* suffisante *pour former cette* athmosphère, *lorsque les métaux sont électrisés par communication?*) Le tissu de leurs fibres, trop engrenées les unes dans les autres, et trop serrées pour être ébranlées par le frottement, peut aussi être un obstacle à leur électricité. (*Est-ce que, quand on électrise les métaux par communication, leurs fibres se désengrènent et deviennent moins serrés?*)

2381. Les corps résineux, sulfureux, doués d'une vertu électrique supérieure à celle d'autres corps moins denses et plus élastiques qu'eux, doivent être exceptés de la règle que nous avons établie. Je penche, dit *Jallabert*, à attribuer la grande vertu de ces corps inflammables à la matière du feu dont ils

abondent. (*Il n'est point du tout prouvé que ces corps inflammables contiennent une abondance de matière du feu ou de calorique ; il est même probable qu'ils n'en contiennent que très-peu, ou même point du tout* (1131).

2382. Il en est des vibrations des fibres d'un corps électrisé, et de celles du fluide qui réside dans les pores de ce corps, ou qui l'environne, comme des oscillations d'un pendule; elles durent plus ou moins long-temps après que la force qui les a occasionnées a cessé d'agir, et elles ne s'arrêtent que lorsque leur mouvement a été consumé et détruit par la résistance du fluide des environs. C'est pourquoi les matières les plus élastiques, telles que le verre et la porcelaine, conservent, après le frottement, leur vertu plus long-temps que d'autres corps plus abondans qu'eux en fluide électrique.

2383. La difficulté, ou plutôt l'impossibilité d'électriser, par le frottement, les corps mouillés ou frottés avec une main humide, ne doit pas surprendre. Personne n'ignore que l'humidité affoiblit le ressort des corps; et il est d'ailleurs sensible que les particules d'eau, en s'insinuant dans les pores d'un corps frotté, nuisent aux vibrations de ses fibres, et font ainsi obstacle au mouvement du fluide renfermé dans ses pores. (*Ce raisonnement pourroit être admis, si les corps humides ne s'électrisoient point du tout ; mais ces corps s'électrisent très-bien par communication* (2241). *L'humidité ne fait donc point alors d'obstacle au mouvement du fluide renfermé dans leurs pores. Si elle n'en fait point dans ce dernier cas, pourquoi en fait-elle lorsqu'on les frotte ?*)

2384. Si un corps léger, attiré et ensuite repoussé par un corps électrique, ne s'en approche de nouveau qu'après un certain temps, ou qu'après avoir touché quelque corps non électrique, c'est que ce petit corps est lui-même devenu électrique par communication, et a acquis autour de soi une athmosphère électrique. Cette athmosphère est composée non-seulement du fluide de ses pores, ébranlé et poussé au-dehors par la matière émanée du corps électrisé (*il seroit bon de dire comment et par quelle raison la matière qui émane du corps électrisé, et qui va frapper le corps léger, fait sortir de ses pores le fluide électrique*), mais encore de cette même matière sortie du corps frotté, et qui, par sa tendance à être partout en équilibre, se sera d'abord insinuée dans les pores du corpuscule, sur-tout si sa densité étoit considérable : et comme l'athmosphère du corps frotté, et celle du corps léger, tendent toutes deux à s'étendre en sens contraires, et qu'elles réagissent mutuellement, il est sensible que le corps léger doit être repoussé, et se tenir éloigné du corps frotté, jusqu'à ce que l'athmosphère qu'il a acquise, se soit d'elle-même dissipée, ou que le corps léger ait perdu son électricité par l'attouchement d'un corps non électrique...

2385. Les corps qui, après s'être approchés d'un corps électrisé, en ont été repoussés et en demeurent éloignés, se portent au contraire avec impétuosité vers les corps non électriques. Ce phénomène, par lequel il paroît que les corps rendus électriques ont acquis, non-seulement la propriété d'attirer, mais aussi celle d'être eux-mêmes attirés par les corps non-électriques, m'a toujours paru embarrassant. (*Il ne l'est point quand on a assez bien observé pour en découvrir la*

cause (2557). Car si les corps électrisés sont en équilibre au centre de leur athmosphère, comment se porteront-ils vers les corps non électriques?.... Ce que je trouve de plus probable, c'est qu'un corps léger électrisé s'approche des corps non électriques, parce que sa petite athmosphère, conservée par la résistance de l'air qui l'environnoit, s'épuise d'abord à l'approche des corps non électriques qu'elle pénètre librement (*ceci paroît bien observé*) et vers lesquels elle ne peut tendre sans y porter le corps léger; comme une eau, d'abord renfermée, ne sauroit sortir par une ouverture sans entraîner avec elle les paillettes qu'elle contiendroit. Peut-être aussi, et ces deux raisons peuvent fort bien concourir, l'effort que fait la matière de l'électricité, accumulée et agitée autour des corps électrisés, pour passer dans les corps non électriques, influe-t-il sur ce phénomène; car, puisque par nos principes, la matière électrique tend à s'étendre où elle rencontre le moins de résistance, la matière qui environne le corps électrisé devra se porter avec impétuosité vers le corps non électrique qu'on en approchera; et en chassant et écartant le fluide subtil qui est entr'eux, elle devra condenser celui des environs. (*Quel est ce* fluide subtil? *et pourquoi est-il* condensé?) Ce fluide étant condensé réagit, pour retourner à son premier état, avec une force égale à celle avec laquelle il en a été chassé, et il presse et pousse les deux corps l'un vers l'autre. (*Ceci n'est qu'un hypothèse gratuite qui ne mérite aucune attention*).

2386. On pourroit alléguer, dit encore *Jallabert*, contre les explications que je donne des phénomènes de l'attraction et de la répulsion, les expériences qui

donnent au même instant des attractions et des répulsions. (*Cette allégation est assez bien fondée.*) Ainsi des corps légers, placés sur une soucoupe de métal, ou sur la main d'une personne vivement électrisée, s'élancent en l'air, tandis que d'autres, présentés au-dessous de la soucoupe ou de la main, s'en approchent. Mais il est aisé de voir que les circonstances qui accompagnent ces divers prénomènes sont très-différentes : les corps légers posés sur la soucoupe ou sur la main, s'électrisent en même temps que la soucoupe et la main; par conséquent ils doivent s'en éloigner, puisque les corps électrisés se repoussent mutuellement. (*Cela est vrai; mais si l'on mettoit sur la soucoupe ou sur la main, des corps légers qui ne fussent pas électrisables par communication, comme du soufre pulvérisé, de la résine pilée, de petits brins de soie, etc. ces corps ne s'électriseroient pas en même temps que la soucoupe et la main; et cependant ils seroient repoussés, comme l'expérience le prouve*). Et d'ailleurs ils ne peuvent obéir qu'à l'action du fluide qui tend à les écarter de la main ou de la soucoupe : au lieu que les corps légers, présentés à quelque distance, obéissent sans obstacle à l'action du fluide qui tend à les amener vers la main ou vers la soucoupe électrisée. (*Ce fluide qui tend à les amener ainsi vers la main, n'est donc pas le même, ou du moins n'a pas la même direction que celui qui, dans le même instant, tend à en écarter les autres : donc, etc.*)

2387. Il y a des expériences qui paroissent encore plus opposées à notre théorie. Elle suppose que les corps légers sont d'abord attirés, ensuite repoussés; et l'on voit, au contraire, que de divers corps légers

(comme des brins de poussière à mettre sur l'écriture) placés autour d'un corps électrisé, les uns s'élancent vers lui au même instant qu'un grand nombre d'autres s'en éloignent. (*Il est vrai que ce fait est assez opposé à la théorie* de Jallabert : *voyons comment il se tirera de là.*) Mes observations diminuent, à la vérité, le nombre des répulsions, et augmentent celui des attractions; mais, à supposer que plusieurs particules sont quelquefois repoussées avant que d'être attirées, ce fait ne peut-il point venir de ce que les brins de poussière à mettre sur l'écriture, embarrassés les uns dans les autres, ne se meuvent pas librement en tout sens? (*Je ne vois ici* d'embarrassé *que* Jallabert.) Que ceux qu'aucun obstacle n'empèche de s'approcher du corps électrisé, cèdent à l'action du fluide qui les amène vers lui, tandis que les autres, gènés dans leur impulsion vers le corps électrisé, mais libre de se mouvoir en sens opposé, s'en éloignent? (*Qu'est-ce qui leur donne cette liberté de se mouvoir en sens opposé? et quel est le fluide qui mène les autres vers le corps électrisé?*) Les oscillations du fluide électrique sont si promptes, que l'œil ne peut en suivre la succession et les effets; et enfin les particules qui s'élancent vers le corps électrisé ne peuvent-elles point imprimer à quelques-unes de celles sur lesquelles elles s'appuient, un mouvement en sens opposé au leur? (*Je doute très-fort qu'on trouve cette explication bien claire et bien satisfaisante*).

Jallabert rapporte de la meilleure foi du monde, de très-fortes objections contre sa théorie; objections auxquelles il sent bien qu'il ne peut pas répondre : cependant il ne renonce pas à cette théorie; preuve

évidente du tendre amour qu'on a pour ses enfans, quelque difformes qu'ils soient.

2388. Quoique la distinction, continue *Jallabert*, des deux électricités, résineuse et vitrée, paroisse dans quelques effets, on ne sauroit être trop circonspect à l'admettre dans la cause..... et il y auroit d'étranges conséquences à chercher à l'électricité vitrée un fluide distinct de celui de l'électricité résineuse, et à multiplier ainsi le nombre des fluides, à mesure qu'on croira en avoir besoin pour expliquer quelque nouveau phénomène. Je pencherois plutôt à croire que cette contradiction apparente, entre les effets de l'électricité des corps vitrés et ceux des corps résineux, vient de l'inégalité de force de leurs athmosphères, laquelle varie suivant la nature des corps. (*Ceci paroît assez bien vu* (2285). Approchez deux corps dont les athmosphères seront égales en forces, il est aisé de concevoir qu'au lieu de s'approcher, ils se repousseront mutuellement : mais si l'athmosphère de l'un est beaucoup plus foible que celle de l'autre, le mouvement de la plus foible athmosphère sera bientôt détruit, et les deux corps s'approcheront.

2389. Cette inégalité de force entre l'athmosphère des corps vitrés et celle des corps résineux, n'est rien moins qu'une supposition gratuite; elle suit de la nature même de ces corps. Le verre et la porcelaine sont non-seulement plus élastiques que la résine et l'ambre, mais cette élasticité augmente encore par la chaleur du frottement; au lieu que cette même chaleur détruit l'élasticité des corps résineux. Le fluide électrique sera donc lancé avec plus de force

force hors des corps vitrés que hors de l'ambre et de la résine. Aussi l'expérience démontre-t-elle, 1o. que l'athmosphère de scorps résineux n'agit pas, à beaucoup près, aussi loin que celle des corps vitrés; 2°. que la vertu électrique que contractent les corps approchés de la résine, est beaucoup plus foible que celle qu'ils reçoivent du verre électrisé; 3°. que le doigt ne tire des corps résineux desquels on l'approche, qu'une lumière pâle, et jamais des étincelles.

2390. Les corps légers ne sont attirés que foiblement par un tube ou un globe dans lequel l'air a été ou raréfié ou condensé, et l'attraction devient plus forte dès que l'air reprend, dans le globe, son état naturel. Quelque opposition qu'il y ait entre raréfier l'air et le rendre plus dense, les effets qui résultent de ces deux opérations, peuvent n'avoir qu'une même cause. Une expérience commune vous en éclaircira. Prenez une bouteille quarrée, d'un verre mince, videz-en l'air; la pression de l'air extérieur la brisera: condensez, au contraire, par une pompe de compression, l'air dans une bouteille semblable, le ressort de l'air, comprimé dans la bouteille, ne la brisera pas moins. Ne peut-on pas de même attribuer le peu de vertu des globes, où l'air est trop raréfié ou trop condensé, à l'inégalité des deux pressions, extérieure et intérieure? Cette inégalité ne nuit-elle pas à la vibration des fibres élastiques du verre, et par conséquent à la formation d'une athmosphère électrique? (*Il n'est pas difficile de voir combien cette comparaison cloche, d'autant plus qu'on connoît la raison de ces phénomènes* (898, 909).

2391. Il reste à expliquer, dit *Jallabert*, d'où

vient que la vertu électrique se manifeste ou augmente dès que l'air revient, dans le globe, à son état naturel. Ne seroit-ce point que le frottement a animé le ressort des fibres élastiques du verre ; en sorte que, dès que l'obstacle qui s'opposoit à leurs vibrations, a été écarté, le mouvement oscillatoire de leurs fibres augmente assez pour produire une électricité sensible?

2392. Les corps les moins électriques par eux-mêmes le deviennent le plus, étant approchés d'un corps électrisé. Les métaux, auxquels la chaleur ou le frottement ne peuvent donner la vertu électrique, en contractent une très-forte par communication; et, au contraire, les corps que le frottement rend aisément électriques, ne s'électrisent que très-difficilement et foiblement à l'approche d'un corps électrisé.

2393. Le plus ou le moins de fluide électrique qui réside dans les pores des différens corps, est la principale cause de ces variétés. Si l'on approche d'un corps électrisé un corps dense, dans lequel la matière de l'électricité soit peu abondante, les ondulations du fluide électrique, qui se portent toujours du côté où elles trouvent moins de résistance, atteignant le corps dense, s'y étendront librement; et comme l'équilibre est par-là rompu entre la matière électrique de ce corps et celle qui l'environne, ce corps deviendra un centre d'où partiront les ondulations, qui formeront autour de lui une athmosphère électrique.

2394. Si, au contraire, on présente au corps électrisé un corps abondant en fluide électrique, le fluide agité autour du corps électrisé, trouvant, dans le

corps qu'on en approche, une grande quantité de fluide à mouvoir, et par conséquent plus de résistance, ne peut y ébranler le fluide électrique au point de l'obliger à en sortir et à former une athmosphère électrique. C'est pourquoi la poix, la résine, le soufre, au lieu de transmettre le fluide qui cherche à s'y introduire, le rassemblent dans l'intérieur et à l'entour des corps électrisés qu'on a posés sur eux.

2395. Mais d'où vient que la matière électrique du globe ne s'épuise point, quoiqu'elle se propage en si grande quantité dans les corps denses? et comment le globe, après de longues et fréquentes opérations, peut-il avoir autant de vertu que s'il n'eût encore communiqué l'électricité à aucun corps? Il ne me paroît pas hors de vraisemblance que le fluide électrique, qui, du globe, s'écoule dans les corps denses, soit remplacé par celui des couches d'air voisines du globe. (*Il faut remarquer ici que* Jallabert *est obligé d'avoir, malgré lui, recours à ce que l'*abbé Nollet *a appelé* matière affluente, *laquelle est fournie encore plus par le frottoir et les corps an-électriques voisins, que par l'air.*) Ce fluide, dont l'air abonde, doit, par une suite de sa tendance à l'équilibre, se porter sur le globe, et y contracter, par les frémissemens des fibres élastiques du verre, un mouvement semblable à celui du fluide lancé hors du globe par les vibrations de ces mêmes fibres de verre; et le fluide que les couches d'air les plus proches fournissent au globe, sera à son tour remplacé par celui des couches plus éloignées, etc. etc. Et c'est ainsi qu'il se fait une espèce de circulation du fluide électrique, jusqu'à ce que, le frottement étant cessé, tout ce fluide, qui

avoit été agité, soit rentré dans son équilibre naturel.

2396. L'eau, si nuisible à la vertu électrique qu'on veut exciter par le frottement, favorise au contraire la vertu de l'électricité. Sa nature est si opposée à celle des liqueurs huileuses et inflammables, qu'on ne la soupçonnera pas d'abonder en fluide électrique. (*Pourquoi pas? Voyez* le n°. 2381). Elle est d'ailleurs plus dense que divers solides, tels que le chanvre et le lin. (*Mais ces deux substances, pénétrées d'eau, ne surnagent plus; donc, en elles-mêmes, elles sont plus denses que l'eau.*) Il n'est donc pas surprenant que les corps, placés sur des supports humides, ne puissent pas être rendus électriques; qu'une corde mouillée soit plus propre à transmettre l'électricité qu'une corde sèche; qu'une plante encore sur pied, ou fraîchement coupée et remplie de sève, devienne plus électrique qu'une plante sèche, etc. Il est même à croire que la facilité avec laquelle les hommes et les animaux s'électrisent par communication, vient en partie du fluide aqueux dont leur corps abonde. (*Tous ces faits sont vrais; mais la raison qu'en donne* Jallabert *n'en est pas meilleure.*)

2397. Le fluide électrique ne se propage pas en glissant sur la surface des corps, mais en les pénétrant; il s'y transmet même d'autant plus facilement que le corps est plus dense. Secondement, les corps que le frottement électrise le plus aisément, comme le soufre et la résine, sont ceux que le fluide électrique a plus de peine à traverser. (Jallabert *n'a pas fait attention que le soufre, et presque toutes les résines par lesquelles le fluide électrique ne se transmet*

que très-difficilement, sont plus denses que l'eau, qui donne à ce fluide un libre passage.)

Ces phénomènes, loin d'être opposés à notre théorie, aident à l'appuyer; car si l'on accorde que la densité du fluide électrique qui réside dans les pores des corps, est plus grande dans les corps rares que dans les corps denses (*il faudroit accorder alors que cette densité est plus grande dans l'eau que dans le soufre et les résines, ce qui seroit fort opposé à la théorie de* Jallabert), on sera obligé de reconnoître que la résistance que le fluide, contenu dans les pores des corps, apportera aux ondulations électriques qui chercheront à s'y étendre, sera plus grande dans les corps les plus rares : que l'air, par exemple, résistera plus à ces ondulations que l'eau, huit cents fois plus dense.

2398. Si le verre et la porcelaine apportent aux ondulations électriques une résistance plus grande que leur densité ne semble le supposer, c'est que l'art a rassemblé, dans le verre et dans la porcelaine, plus de matière électrique et ignée qu'ils n'en devroient naturellement contenir. Leur préparation les exposant à la longue action d'un feu violent, leurs pores se remplissent d'une infinité de particules ignées qui s'y trouvent renfermées lorsque les surfaces de ces corps se refroidissent. (*Ce ne sont là que des suppositions purement gratuites* (1152).) Il n'est donc pas étonnant que le frottement fasse sortir du verre et de la porcelaine un fluide lumineux, et que ces matières, qui en sont déjà remplies, n'en admettent que difficilement dans leurs pores une plus grande quantité.

2399. Le cas des matières sulfureuses, résineuses

et huileuses, dont la résistance aux ondulations électriques est encore plus grande à proportion de leur densité, est embarrassant dans toute hypothèse ; et je me fais d'autant moins de peine de les excepter de la règle que j'ai posée sur les différens degrés de densité du fluide électrique dans les corps, que l'illustre *Newton* les a lui-même exceptées de la loi qu'il a établie dans son admirable Traité sur *la lumière et les couleurs*, que les forces réfringentes des corps sont à-peu-près en proportion de leur densité, l'expérience enseignant que les corps qui abondent en parties huileuses ou sulfureuses, ont une force réfringente beaucoup plus grande que les autres corps de même densité. (*L'exception que fait ici* Jallabert *est dans un sens tout-à-fait opposé à celui de l'exception qu'a faite* Newton ; *car les effets que produisent, en dioptrique, les matières huileuses ou résineuses, sont les mêmes que si ces matières avoient une plus grande densité que celle qu'elles ont ; et, au contraire, les effets que produisent, en électricité, ces mêmes matières, sont les mêmes que si, suivant la théorie de* Jallabert, *elles avoient une densité beaucoup moindre que celle qu'elles ont : ces matières produisent donc tout-à-la-fois les effets d'un corps plus dense qu'elles, et ceux d'un corps plus rare.*)

Il est très-probable que la théorie de *Jallabert* ne trouvera pas beaucoup de partisans.

Théorie de l'Électricité de Francklin (1),

2400. Francklin commence d'abord par établir trois principes fondamentaux, que voici :

1°. *La matière électrique est composée de particules extrêmement subtiles*, puisqu'elle peut traverser la matière commune, même les métaux les plus denses, avec tant de facilité et de liberté, qu'elle n'éprouve aucune résistance sensible.

2401. 2°. *La matière électrique diffère de la matière commune, en ce que les parties de celle-ci s'attirent mutuellement, et que les parties de la première se repoussent mutuellement :* de là la divergence apparente dans un courant d'écoulemens électriques. (*Cette divergence n'est point causée par la* répulsion mutuelle *des parties de la matière électrique; car, lorsque ces écoulemens se font dans un lieu vide d'air, cette divergence n'a pas lieu* (2301) *; et cependant ces parties ne devroient pas cesser alors de se repousser.*)

2402. 3°. *Mais, quoique les particules de matière électrique se repoussent l'une l'autre, elles sont fortement attirées par toute autre matière.*

2403. De ces trois choses, savoir, l'extrême subtilité de la matière électrique, la mutuelle répulsion de ses parties, et la forte attraction entre elles et une autre matière, il résulte cet effet, que, quand une quantité de matière électrique est appliquée à une masse de matière commune d'une grosseur et d'une

(1) Cette théorie est extraite d'un ouvrage intitulé : *Expériences et Observations sur l'Électricité, faites à Philadelphie en Amérique*, *par* Benjamin Francklin; traduit de l'anglais, par d'*Alibard*, et publié en 1756.

longueur sensibles (qui n'a pas déjà acquis sa quantité), elle est d'abord et également répandue dans la totalité.

2404. Ainsi la matière commune est une espèce d'éponge pour le fluide électrique. Une éponge ne recevroit pas l'eau, si les parties de l'eau n'étoient plus petites que les pores de l'éponge; elle ne la recevroit que bien lentement, s'il n'y avoit pas une attraction mutuelle entre ses parties et les parties de l'éponge: celle-ci s'en imbiberoit plus promptement, si l'attraction réciproque entre les parties de l'eau n'y mettoit pas obstacle, en ce qu'il doit y avoir quelque force employée pour les séparer; enfin l'imbibition seroit très-rapide, si, au lieu d'attraction, il y avoit entre les parties de l'eau une répulsion mutuelle qui concourût avec l'attraction de l'éponge. C'est précisément le cas où se trouve la matière électrique et la matière commune.

2405. Mais dans la matière commune, il y a (généralement parlant) autant de matière électrique qu'elle peut en contenir dans sa substance: si l'on en ajoute davantage, le surplus reste sur la surface, et forme ce que nous appelons une athmosphère électrique; et l'on dit alors que le corps est électrisé.

2406. On suppose que toute sorte de matière commune n'attire pas, ni ne retient pas la matière électrique avec une égale force et une égale activité, pour les raisons que nous donnerons dans la suite; et que les corps appelés originairement électriques, comme le verre, etc. l'attirent et le retiennent plus fortement, et en contiennent la plus grande quantité.

2407. Nous savons que le fluide électrique est dans la matière commune, parce que nous pouvons le pomper et l'en faire sortir par le moyen du globe et du tube : nous savons que la matière commune en a à-peu-près autant qu'elle en peut contenir, parce que, quand nous en ajoutons un peu plus à une portion quelconque, cette quantité ajoutée n'entre point, mais forme une athmosphère électrique; et nous savons que la matière commune n'en a pas (généralement parlant) plus qu'elle n'en peut contenir; autrement toutes ses parties détachées se repousseroient l'une l'autre, comme elles font constamment, lorsqu'elles ont des athmosphères électriques.

2408. Si l'on suppose (continue *Francklin*) une portion de matière commune, entièrement dégagée de matière électrique, et que l'on en approche une simple particule de cette dernière, elle sera attirée et entrera dans le corps, et prendra place dans le centre, ou à l'endroit dans lequel l'attraction est égale de toutes parts. S'il y entre un plus grand nombre de particules électriques, elles prennent leur place dans l'endroit où la balance est égale entre l'attraction de la matière commune et leur propre répulsion mutuelle. On suppose qu'elles forment des triangles, dont les côtés se raccourcissent à proportion que leur nombre augmente, jusqu'à ce que la matière commune en ait tant attiré, que tout son pouvoir de comprimer les triangles par l'attraction, soit égal à tout leur pouvoir de s'étendre elles-mêmes par la répulsion : et alors cette portion de matière n'en recevra plus.

2409. Lorsqu'une partie de cette quantité naturelle de fluide électrique est chassée d'une portion de matière commune, on suppose que les triangles, formés par le reste, s'élargissent par la répulsion mutuelle des parties, jusqu'à ce qu'ils occupent cette portion en entier.

2410. Lorsque la quantité de fluide électrique, qui a été enlevée à une portion de matière commune, lui est rendue, elle y entre, les triangles dilatés étant comprimés de nouveau, jusqu'à ce qu'il y ait place pour la totalité.

2411. La forme de l'athmosphère électrique est celle du corps qu'elle environne. Cette forme peut être rendue visible dans un air calme, en excitant une fumée de résine sèche, que l'on versera dans une cuiller à café sous le corps électrisé, qui sera attirée et s'étendra d'elle-même également sur tous les côtés, couvrant et cachant le corps. Elle prend cette forme, parce qu'elle est attirée de tous les côtés de la surface du corps, quoiqu'elle ne puisse entrer dans sa substance, qui est déjà remplie. Sans cette attraction, elle ne demeureroit pas autour du corps, mais elle se dissiperoit en l'air.

2412. L'athmosphère des particules électriques qui environnent une sphère électrisée, n'est pas plus disposée à l'abandonner, ni plus aisément tirée d'un côté de la sphère que de l'autre, parce qu'elle est également attirée de toutes parts. Mais ce cas n'est pas le même pour les corps d'une autre figure. Dans un tube, elle est plus facilement tirée des angles que des surfaces planes, et ainsi des angles d'un corps de toute autre figure, et toujours plus facile-

ment de l'angle le plus aigu. Si donc un corps figuré comme A B C D E (*fig.* 341) est électrisé, ou a une athmosphère qui lui soit communiquée, et si nous considérons chaque côté comme une base sur laquelle les particules électriques reposent, et par laquelle elles sont attirées, on peut voir, en imaginant une ligne de A en F, et une autre de E en G, que la portion d'athmosphère enfermée dans F A E G, a la ligne A E pour base : de même la portion d'athmosphère enfermée dans H A B I a la ligne A B pour base : et pareillement la portion enfermée dans K B C L a B C pour appui ; et de même sur l'autre côté de la figure. Maintenant, si vous tirez cette athmosphère avec quelque corps poli et émoussé, et que vous l'approchiez du milieu du côté A B, il faut venir fort près, avant que la force de votre attracteur excède la force ou le pouvoir avec lequel ce côté maintient son athmosphère. Mais il y a une petite portion entre I B K, qui a moins de surface pour s'y appuyer et en être attirée, que les portions voisines ; tandis qu'il y a d'ailleurs une répulsion mutuelle entre ses particules et les particules de ces portions : vous pouvez donc venir à bout de la tirer avec plus de facilité et à une plus grande distance. Entre F A H, il y a une plus grande portion, qui a encore une moindre surface pour s'y appuyer et en être attirée ; c'est pourquoi vous pouvez toujours l'enlever plus facilement : mais la plus grande facilité se rencontre entre L C M, où la quantité est la plus abondante, et où la surface, pour l'attirer, et la retenir, est la plus petite. Lorsque vous avez enlevé une de ses portions angulaires du fluide, une autre prend sa place, par un effet de la fluidité naturelle

et de la répulsion mutuelle, dont nous avons parlé ci-devant: et ainsi l'athmosphère continue de couler vers cet angle comme un courant, jusqu'à ce qu'il n'en reste plus. Les extrémités de ces portions d'athmosphère sur ces parties angulaires, sont pareillement à une plus grande distance du corps électrisé, comme on le peut voir en jetant les yeux sur la *figure*, la pointe de l'athmosphère de l'angle C étant beaucoup plus loin de C qu'aucune partie de l'athmosphère sur les lignes C B ou A B: et outre la distance qui résulte de la nature de la *figure*, là où l'attraction est moindre, les particules doivent naturellement s'étendre à une plus grande distance, par leur mutuelle répulsion.

2413. Sur ces principes fondamentaux, nous supposons que les corps électrisés déchargent leur athmosphère sur les corps non électrisés avec plus de facilité et à une plus grande distance de leurs angles et de leurs pointes, que de leurs côtés unis. Les pointes la déchargent aussi dans l'air, lorsque le corps a une trop grande athmosphère électrique, sans qu'il soit besoin d'approcher quelque corps non électrique pour recevoir ce qui est chassé; car l'air, quoiqu'originairement électrique, a toujours plus ou moins d'eau, ou d'autres matières non électriques, mêlées avec lui, lesquelles attirent et reçoivent ce qui est ainsi déchargé.

2414. Mais les pointes ont la propriété de *tirer* aussi bien que de *pousser* le fluide électrique à de plus grandes distances que ne le peuvent faire les corps émoussés; c'est-à-dire, que, comme la partie pointue d'un corps électrisé déchargera l'athmosphère de ce corps, ou la communiquera plus loin à un au-

tre corps, de même la pointe d'un corps non électrisé tirera l'athmosphère électrique d'un corps électrisé de beaucoup plus loin que ne le pourroit faire une partie plus émoussée du même corps non électrisé. Ainsi une épingle tenue par la tête, et la pointe présentée à un corps électrisé, tirera son athmosphère à un pied (325 millimètres) de distance; mais si la tête étoit présentée au lieu de la pointe, il n'en résulteroit pas le même effet. (*Voilà un fait qui paroît bien opposé au premier : car puisque, suivant le raisonnement que vient de faire* Francklin, *la pointe d'un corps électrisé a moins de force pour attirer et retenir son athmosphère, que n'en a un des côtés de la surface de ce même corps, comment se peut-il faire que la pointe d'un corps non électrisé ait plus de force que n'en a un des côtés de sa surface, pour attirer et enlever l'athmosphère d'un corps électrisé? Voici la raison qu'en donne* Francklin).

2415. Pour concevoir ceci, nous pouvons considérer que, si une personne debout sur le plancher tiroit l'athmosphère électrique d'un corps électrisé, une pince de fer et une aiguille à tricoter émoussée, tenues alternativement dans la main, et présentées à cette intention, ne l'attireroient pas avec des forces différentes, à proportion de leurs différentes masses: car l'homme et ce qu'il tient dans la main, soit grand, soit petit, sont unis avec la masse commune de la matière non électrisée; et la force avec laquelle il tire, est la même dans les deux cas, puisqu'elle consiste dans la différente proportion d'électricité dans le corps électrisé et dans cette masse commune. (*Ce raisonnement prouveroit, contre l'intention de* Francklin, *qu'un homme qui présente une pointe au*

corps électrisé, ne doit pas tirer son athmosphère plus puissamment qu'avec un corps émoussé : car, comme l'observe Francklin, l'homme et la pointe sont unis avec la masse commune de la matière non électrisée : *cela devroit donc produire le même effet qu'avec la pince ou* l'aiguille émoussée) Mais, continue *Francklin*, la force avec laquelle le corps électrisé retient son athmosphère en l'attirant, est proportionnée à la surface sur laquelle les particules sont placées. Par exemple, quatre pieds quarrés (422085 millimètres quarrés) de cette surface retiennent leur athmosphère avec quatre fois autant de force qu'un pied quarré (105521 millimètres quarrés) retient son athmosphère. Et comme en arrachant les crins de la queue d'un cheval, un degré de force insuffisant pour en arracher une poignée à la fois, suffiroit pour la dépouiller crin à crin ; de même un corps émoussé que l'on présente, ne sauroit tirer plusieurs parties à la fois ; mais un corps pointu, sans une plus grande force, les enlève aisément partie par partie. (*Cette comparaison ne vaut rien : pour quelle fût bonne, il faudroit que la pointe présentée au corps électrisé ne produisît son effet que peu à peu*, partie par partie : *mais l'effet de la pointe est très-prompt ; dans l'instant qu'on la présente au corps électrisé, tous les signes d'électricité cessent ou sont considérablement diminués ; et sitôt qu'on la retire, tous ces signes renaissent sur le champ avec autant d'énergie qu'auparavant. Cette explication de ce singulier phénomène n'est donc pas satisfaisante. Au reste*, Francklin *lui-même ne la regarde pas comme péremptoire, ainsi qu'on peut le voir par ce qui suit.*).

2416. Ces explications du pouvoir et de l'opéra-

tion des pointes (dit encore *Francklin*), lorsqu'elles se présentèrent à moi pour la première fois, et tandis qu'elles rouloient dans mon esprit, me parurent satisfaire à toutes les difficultés : cependant, depuis que je les ai mises par écrit, et rappelées à un examen plus sévère et plus réfléchi, j'avoue de bonne-foi qu'il me reste quelque doute à cet égard. Mais n'ayant rien de mieux pour le présent à offrir à leur place, je ne les rejette pas absolument; car une mauvaise solution que l'on lit, et dont on découvre les défauts, donne souvent occasion à un lecteur ingénieux d'en trouver une plus parfaite. (*J'ai peur qu'on ne la trouve pas de long-temps.*)

2417. Voici la manière dont s'électrise la bouteille de Leyde (2305), suivant *Francklin.* Le corps non électrique contenu dans la bouteille, étant électrisé, diffère du corps non électrique électrisé hors de la bouteille, en ce que le feu électrique du dernier est accumulé à sa *surface*, et forme à l'entour une athmosphère électrique d'une étendue considérable : au lieu que le feu électrique est comprimé dans la substance du premier, que le verre borne de toutes parts. (*Comment* Francklin *pourra-t-il faire quadrer cette compression avec son second principe fondamental* (2401)? *Puisque les parties de la matière électrique se repoussent mutuellement, quelle est ici la force qui les comprime ? Il ne nous le dit pas. Il ajoute seulement en note :* Nous avons découvert depuis que le feu de la bouteille n'est pas contenu dans le corps non électrique, mais dans le verre. *Cela ne répond pas à notre question : mais le feu électrique est peut-être contenu dans l'un et dans l'autre.*)

Francklin avertit aussi que ce qui est dit du *haut* et du *bas* de la bouteille, doit s'entendre de ses *surfaces intérieure et extérieure* : et nous l'exprimerons ainsi.

2418. En même temps, dit *Francklin*, que le fil d'archal et la surface intérieure de la bouteille, etc. sont électrisés *positivement* ou *plus*, la surface extérieure est électrisée *négativement* ou *moins* dans une exacte proportion : c'est-à-dire, que, telle que soit la quantité de feu électrique qui passe dans l'intérieur, il en sort de l'extérieur une égale quantité. Pour concevoir ceci, supposez que la quantité commune d'électricité dans chaque surface de la bouteille, soit, avant le commencement de l'opération, égale à 20 : supposez encore qu'à chaque coup du tube, ou à chaque tour du globe, il y entre une quantité égale à 1 ; alors, après le premier coup, la quantité contenue dans le fil d'archal et le dedans de la bouteille, sera 21 ; dans le dehors, elle ne sera plus que 19 : après le second coup, la surface intérieure aura 22, et l'extérieur 18 : et ainsi après le vingtième coup, la partie intérieure aura une quantité de feu électrique égale à 40, et celle de la partie extérieure sera égale à zéro : et l'opération finit là ; car il n'en peut plus être poussé dans la partie intérieure, lorsqu'il n'en peut plus être tiré de la surface extérieure. Si vous essayez d'en introduire davantage, il est rejeté par le fil d'archal, ou il casse la bouteille avec un craquement sensible.

2419. L'équilibre ne sauroit être rétabli dans la bouteille par la communication *intime* ou le contact des parties, mais seulement en formant une communication

nication au-dehors de la bouteille entre l'intérieur et l'extérieur, par le moyen de quelque corps conducteur qui les touche tous deux, soit en même temps, auquel cas l'équilibre est rétabli avec une violence et une rapidité inexprimables; soit alternativement, auquel cas il est rétabli par degrés. (*Il paroît que cette communication entre les surfaces intérieure et extérieure de la bouteille, n'est pas absolument essentielle; car l'expérience réussit, quoique foiblement, avec une bouteille scellée hermétiquement, qui, si, comme le prétend* Francklin, *le verre est imperméable à la matière électrique, ne peut se* charger *et* se décharger *que par la surface extérieure.*)

2420. Comme il ne peut plus être poussé de feu électrique au-dedans de la bouteille, lorsque tout celui du dehors est épuisé, de même dans une bouteille non encore électrisée, on ne sauroit en pousser dans le dedans, lorsqu'il n'en peut sortir du dehors; ce qui arrive, ou quand le fond est trop épais, ou quand la bouteille est placée sur un corps originairement électrique. Et réciproquement, lorsque la bouteille est électrisée, on ne peut tirer de son intérieur qu'une assez petite quantité de feu électrique, en touchant le fil d'archal, à moins qu'une quantité égale ne puisse en même temps être rendue à l'extérieur. Ainsi posez une bouteille électrisée sur un verre net, ou sur de la cire sèche, et vous aurez beau toucher le fil d'archal, vous n'en pourrez tirer d'étincelle. Posez-la sur un corps non électrique; touchez le fil d'archal, et le feu en sortira en très-peu de temps; mais il sortira plus vîte encore, si vous formez une communication directe, comme il a été dit ci-dessus (2419), tant ces deux états d'électricité, le *plus*

et le *moins*, sont merveilleusement combinés et balancés dans cette bouteille miraculeuse.

2421. L'ébranlement des nerfs, ou plutôt la convulsion est occasionnée par le passage subit du feu à travers le corps qui le transmet du dedans au-dehors de la bouteille : le feu prend la voie la plus courte.... Pour ce qui est de l'attouchement du fil d'archal, le feu ne passe point du doigt au fil d'archal, comme on le suppose, mais du fil d'archal au doigt ; de là traversant le corps, il passe à l'autre main, et ainsi jusqu'à l'extérieur de la bouteille.

2422. Entourez une bouteille d'une bande de plomb laminé, ou même de papier, à quelque distance au-dessus du fond ; de cette bande circulaire, faites monter un fil d'archal jusqu'à ce qu'il touche le fil d'archal du bouchon. Il n'est pas possible d'électriser une bouteille disposée de la sorte, l'équilibre n'est jamais détruit : car tandis que la communication entre les surfaces intérieure et extérieure de la bouteille, est continuée par le fil d'archal du dehors, le feu ne fait que circuler, et ce qui sort de la surface extérieure est constamment remplacé par ce qui vient de la surface intérieure.

2423. Placez un homme sur un gâteau de cire, et donnez-lui à toucher le fil d'archal d'une bouteille électrisée que vous tiendrez à la main, demeurant debout sur le plancher ; à chaque fois qu'il le touchera, il sera électrisé de *plus* en *plus* ; et quiconque sera sur le plancher, pourra tirer de lui une étincelle. Le feu, dans cette expérience, passe du fil d'archal dans son corps, et passe en même temps de votre main dans la partie extérieure de la bouteille.

2424. Donnez-lui à tenir la bouteille électrisée, et touchez le fil d'archal; à chaque fois que vous le toucherez, il sera électrisé de *moins* en *moins*, et pourra tirer une étincelle de chacun de ceux qui sont sur le plancher. Ici le feu passe du fil d'archal dans vous, et de lui dans la partie extérieure de la bouteille. (*Il seroit agréable d'avoir un moyen sûr de voir la direction de ces feux.*)

2425. La bouteille sera électrisée aussi fortement, si elle est tenue par le crochet, et la surface extérieure appliquée au globe ou au tube, que si elle est tenue par la surface extérieure, et que le crochet lui soit appliqué.

2426. Mais la direction du feu électrique étant différente dans la charge, elle sera aussi différente dans l'explosion : la bouteille chargée par le *crochet* sera déchargée par le *crochet* : la bouteille chargée par la *panse*, sera déchargée par la *panse*, et jamais autrement; car le feu doit sortir par la même voie qui lui a donné entrée.

2427. Pour le prouver, prenez deux bouteilles qui soient *également* chargées par les *crochets*, une dans chaque main; approchez leurs *crochets* l'un de l'autre, il n'en résultera ni étincelle ni choc, parce que chaque *crochet* est disposé à donner du feu, et ni l'un ni l'autre ne l'est à en recevoir. Posez une des bouteilles sur le verre, levez-la par le *crochet*, et appliquez sa *panse* au *crochet* de l'autre, il y aura alors une explosion et un choc; et les deux bouteilles seront déchargées.

2428. Variez l'expérience en chargeant deux bouteilles *également*, l'une par le *crochet*, l'autre par

la *panse ;* tenez par la *panse* celle qui a été chargée par le *crochet*, et tenez par le *crochet* celle qui a été chargée par la *panse :* appliquez le *crochet* de la première à la *panse* de la seconde, il n'y aura ni choc ni étincelle. Posez sur le verre celle que vous tenez par le *crochet;* prenez-la par la *panse*, et présentez les deux *crochets* l'un à l'autre, il y aura une étincelle et un choc, et les deux bouteilles seront déchargées.

2429. Lorsque nous employons les termes de *charger* et *décharger* les bouteilles, c'est pour nous conformer à l'usage et par disette d'autres termes plus convenables; puisque nous sommes persuadés qu'il n'y a réellement pas plus de feu électrique dans la bouteille, après ce que l'on appelle sa *charge ;* ni moins après sa *décharge*, qu'il n'y en avoit auparavant (*on voit bien que ceci n'est qu'une conjecture*), excepté seulement la petite étincelle, que l'on peut donner ou enlever à la matière non électrique, si elle est séparée de la bouteille; étincelle qui ne peut pas égaler la cinquantième partie de celle qui fait l'explosion.

2430. Il suit de là que la bouteile ne souffrira pas ce que l'on appelle une charge, à moins qu'il n'en puisse sortir autant de feu par une voie qu'il en entre par une autre. Une bouteille placée sur la cire ou sur le verre, ou bien suspendue au premier conducteur d'électricité, ne peut être chargée, à moins qu'il n'y ait une communication établie entre sa surface extérieure et le plancher, pour servir de décharge.

2431. Lorsqu'une bouteille est chargée par la voie ordinaire, ses surfaces intérieure et extérieure

sont prêtes, l'une à donner le feu par le crochet, l'autre à le recevoir par la panse : l'une est pleine et disposée à pousser; l'autre est vide, et extrêmement affamée; et cependant comme la première ne chassera point que l'autre ne puisse au même instant recevoir, de même la dernière ne recevra point que la première ne puisse au même instant donner. Lorsque l'un et l'autre peut se faire en même temps, cela se fait avec une vîtesse et une violence inconcevables.

2432. Le verre a pareillement toujours dans sa substance la même quantité de feu électrique, et une fort grande quantité par rapport à la masse du verre. Cette quantité proportionnée au verre, il la retient avec force et opiniâtreté : il n'en aura ni plus ni moins, quelque changement qu'il éprouve dans ses parties et dans sa situation; c'est-à-dire, que nous en pouvons tirer une partie de l'un de ses côtés, pourvu que nous en rendions à l'autre une égale quantité.

2433. Néanmoins, lorsque la situation du feu électrique est ainsi dérangée dans le verre; lorsque quelque partie été retranchée de l'un des côtés, et que quelque partie a été ajoutée à l'autre, il ne reste point en repos, ou dans son état naturel, jusqu'à ce qu'il ait été rétabli dans son uniformité primitive..... Et ce rétablissement ne peut être fait à travers la substance du verre; mais il doit se faire par une communication d'un corps non électrique, établie au-dehors, de surface à surface.

2434. Ainsi la force totale de la bouteille et le pouvoir de donner un choc est dans le verre même;

les corps non électriques en contact avec les deux surfaces, ne servent qu'à donner et à recevoir des différentes parties du verre, c'est-à-dire, à donner à une surface, et à recevoir de l'autre.

2435. Par ce mot *surface*, dans le cas présent, je n'entends pas simplement longueur et largeur sans épaisseur; mais lorsque je parle de la surface supérieure ou inférieure d'un morceau de verre, de la surface extérieure ou intérieure de la bouteille, j'entends longueur, largeur, et moitié de l'épaisseur.

2436. La différence entre les corps non électriques et le verre, qui est un corps originairement électrique, consiste en ces deux particularités : la première, que le corps non électrique souffre sans peine un changement dans la quantité du fluide électrique qu'il contient : vous pouvez diminuer sa quantité totale en en chassant une partie, que le corps entier reprendra. Mais quant au verre, tout ce que vous pouvez faire, c'est de diminuer la quantité contenue dans une de ses surfaces; encore n'en viendrez-vous à bout qu'en en fournissant en même temps une quantité égale à l'autre surface; de sorte que le verre entier puisse avoir la même quantité dans les deux surfaces, leurs deux quantités différentes étant ajoutées ensemble; ce qui ne peut même s'exécuter que dans un verre fort mince.

2437. La seconde particularité est que le fluide électrique se transporte aisément d'un endroit à un autre, dans et à travers la substance d'un corps non électrique, mais non à travers la substance du verre. Si vous en présentez une quantité à l'extrémité d'une longue baguette de métal, elle la reçoit; et lorsqu'elle

y entre, chaque particule, qui étoit auparavant dans la baguette, pousse vivement sa voisine à l'extrémité la plus éloignée où le surplus est déchargé; et cela dans un instant, lorsque la baguette fait partie du cercle dans l'expérience du choc. Mais le verre, à cause de la petitesse de ses pores, ou de l'attraction plus forte de ce qu'il contient, ne se prête pas à un mouvement si libre. Une baguette de verre ne conduira pas un choc, et le verre le plus mince ne laissera entrer aucune particule dans aucune de ses surfaces pour traverser de l'une à l'autre.

2438. Une personne sur un gâteau de cire ou de résine et frottant le tube; une autre personne aussi sur un gâteau de cire et tirant le feu; ces deux personnes paroîtront électrisées à une troisième sur le plancher, pourvu qu'elles ne soient pas assez près pour se toucher; c'est-à-dire, que cette troisième personne appercevra une étincelle, en approchant son doigt de chacune des deux premières.

2439. Mais si celles qui sont sur la cire se touchent l'une l'autre pendant que le tube est frotté, aucune des deux ne paroîtra électrisée. (*Elles devroient toutes deux paroître électrisées* en moins.)

2440. Si elles se touchent l'une l'autre, après que l'on aura excité le tube, et tiré le feu comme ci-devant, il y aura une plus forte étincelle entre elles, qu'elle ne l'étoit entre l'une d'elles et la personne qui est sur le plancher.

2441. Après cette forte étincelle, on ne découvre dans l'une ni dans l'autre aucune trace d'électricité.

Voici de quelle manière *Francklin* tâche de rendre raison de ces phénomènes.

2442. Nous supposons, comme ci-dessus (2405), que le feu électrique est un élément commun, dont chacune des trois personnes susdites a une portion égale avant le commencement de l'opération avec le tube : A, qui est sur un gâteau de cire, et qui frotte le tube, rassemble de son corps dans le verre le feu électrique (*le verre peut donc quelquefois en acquérir plus que sa quantité naturelle, contre ce que dit ci-dessus* (2432) Francklin); et sa communication avec le magasin commun étant interceptée par la cire, son corps ne recouvre pas d'abord ce qui lui en manque. B, qui est pareillement sur la cire, alongeant son doigt près du tube, reçoit le feu que le verre avoit tiré de A; et sa communication avec le magasin commun étant aussi interceptée, conserve de surplus la quantité qui lui a été communiquée. A et B paroissent électrisés à C, qui est sur le plancher; car celui-ci ayant seulement la moyenne quantité de feu électrique, reçoit une étincelle à l'approche de B, qui en a de *plus;* et il en donne à A, qui en a de *moins*.

2443. Si A et B s'approchent jusqu'à se toucher l'un l'autre, l'étincelle sera plus forte, parce que la différence entre eux est plus grande. Après cet attouchement, il n'y aura plus d'étincelle entre l'un des deux et C, parce que le feu électrique est réduit dans tous les trois à l'uniformite primitive. S'ils se touchent pendant qu'on électrise, l'égalité n'est point détruite, le feu ne faisant que circuler.

2444. De là quelques termes nouveaux se sont introduits parmi nous. Nous disons que B (et les corps dans les mêmes circonstances) est électrisé

positivement, et A *négativement*; ou plutôt B est électrisé *plus*, A l'est *moins* : et tous les jours dans nos expériences, nous électrisons les corps en *plus* et en *moins*, selon que nous le jugeons à propos.... Pour électriser en *plus* ou *moins*, il faut seulement savoir que les parties du tube ou du globe qui sont frottées, attirent dans l'instant du frottement le feu électrique, et l'enlèvent par conséquent à la chose frottante. Les mêmes parties, aussitôt que le frottement cesse, sont disposées à donner le feu qu'elles ont reçu, à tout corps qui en a moins. Ainsi vous pouvez le faire circuler comme *Watson* l'a enseigné : vous pouvez aussi l'accumuler sur un corps, ou l'en soustraire, selon que vous liez ce corps avec celui qui frotte ou avec celui qui reçoit, la communication avec le magasin commun étant interrompue.

2445. Je suspendis (écrit *Kinnersley* à *Francklin*) avec une soie une balle de liége, environ de la grosseur d'un pois : je lui présentai de l'ambre frotté, de la cire à cacheter, du soufre; elle fut fortement repoussée par chacun de ces corps : ensuite j'essayai du verre et de la porcelaine frottés, et je trouvai que chacun l'attiroit jusqu'à ce qu'elle s'électrisât une seconde fois, et qu'alors elle fut repoussée comme la première fois; et tandis que cette balle étoit ainsi repoussée par le verre ou la porcelaine frottés, elle étoit attirée par l'un des trois autres corps aussi frottés. (*Ce résultat n'est point constant : je puis assurer avoir fait cette expérience plus de deux cents fois, et avoir trouvé le résultat tantôt conforme, tantôt opposé à celui qu'annonce* Kinnersley.) Alors j'électrisai la balle avec le fil d'archal d'une bouteille chargée, et je lui présentai du verre frotté (le bouchon d'un flacon)

et une tasse de porcelaine; elle en fut repoussée aussi fortement que par le fil d'archal. Mais quand je lui présentai un des autres corps électriques frottés, elle fut fortement attirée; et quand je l'électrisai par l'un d'eux, jusqu'à ce qu'elle fût repoussée, elle fut attirée par le fil de la bouteille, mais repoussée par sa doublure extérieure.

Ces expériences me surprirent, et me portèrent à en inférer les paradoxes suivans:

2446. 1°. Si un globe de verre est placé à l'un des bouts du premier conducteur, et un globe de soufre à l'autre; les deux globes étant également en bon état et dans un mouvement égal, on ne pourra tirer aucune étincelle du conducteur : mais un des globes tirera du conducteur aussi vîte que l'autre y fournira. (*Le mouvement égal, que l'on exige ici, fera qu'on ne sera jamais d'accord sur ce fait; car s'il ne réussit pas, comme on l'annonce, on aura toujours à dire :* le mouvement n'étoit *pas* égal. *Et il est très-difficile de le rendre égal à son gré; parce que l'électricité du verre a plus d'énergie que celle du soufre : et c'est probablement là la seule différence qu'il y ait entre ces deux électricités.*)

2447. 2°. Si une bouteille est suspendue au conducteur avec une chaîne de son enveloppe à la table, et que l'on ne se serve que d'un des globes à la fois, 20 tours de roue, par exemple, la chargeront; après quoi autant de tours de l'autre roue la déchargeront, et autant la rechargeront encore.

2448. 3°. Les dex globes étant en mouvement, chacun ayant un conducteur particulier, avec une bouteille suspendue à l'un d'eux, et la chaîne de celle-ci attachée à l'autre, la bouteille se chargera,

l'un des globes chargeant positivement, et l'autre négativement.

2449. 4°. La bouteille étant chargée de cette sorte suspendez-la de la même manière à l'autre conducteur : faites tourner les deux roues, et le même nombre de tours qui avoit chargé la bouteille, la déchargera ; et le même nombre encore la rechargera.

2450. 5°. Quand chaque globe communique avec le même premier conducteur, duquel il pend une chaîne jusque sur la table, l'un de ces globes (mais je ne puis pas dire lequel), quand ils sont en mouvement, tirera le feu au travers de son coussin, et le déchargera par la chaîne; l'autre le tirera au travers de la chaîne, et le déchargera au travers de son coussin.

Voilà les expériences dont *Kinnersley* envoya le détail à *Francklin*, en lui offrant son globe de soufre, pour les répéter. Ce dernier l'accepta, et lui écrivit sur-le-champ ce qui suit :

2451. En attendant, je soupçonne que les différentes attractions et répulsions que vous avez observées, venoient plutôt de la plus grande ou plus petite quantité du feu que vous tiriez des différens corps, que de ce que ce feu seroit d'une espèce différente, et auroit une différente direction. (*Ceci est très-conforme à ce que j'ai dit ci-dessus* (2285 et 2446), *que la différence entre le verre et le soufre ne consiste que dans les différens degrés d'énergie de la vertu de ces deux corps.*)

2452. *Francklin* ayant donc répété les expériences de *Kinnersley*, observa que le globe de verre étant à une extrémité du conducteur, et celui de

soufre à l'autre (2446), les deux globes en mouvement, on ne pouvoit pas tirer une seule étincelle du conducteur, à moins que l'un des globes ne tournât plus lentement, ou ne fût pas en aussi bon état que l'autre; alors même l'étincelle n'étoit que proportionnée à cette différence; en sorte que si on recommence à faire tourner les globes également, ou à faire tourner plus lentement celui qui opéroit le mieux, l'on mettra encore le conducteur hors d'état de fournir une étincelle. (*Ce n'est donc plus un mouvement égal qu'on exige* (2446), *c'est un mouvement proportionné à l'énergie de la vertu électrique des globes. Difficulté de plus pour être d'accord sur ce fait.*)

2453. Je remarquai aussi, dit encore *Francklin*, que le fil d'archal d'une bouteille chargée par le globe de verre, attiroit une balle de liége qui avoit touché au fil d'archal d'une bouteille chargée par celui de soufre, et cela réciproquement; en sorte que le liége continuoit à jouer entre les deux bouteilles, de la même manière que si une bouteille avoit été chargée par le crochet, et l'autre par la panse, par le seul globe de verre : et les deux bouteilles chargées, l'une par le globe de soufre, l'autre par celui de verre, seront toutes deux déchargées en approchant leurs fils d'archal, et donneront le coup à la personne qui les tient.

2454. D'après ces expériences, on peut être certain que les deuxième (2447), troisième (2448) et quatrième (2449) de *Kinnersley*, réussiront exactement, quoique je ne les aie point tentées. J'imagine, dit *Francklin*, que c'est le globe de verre qui charge

positivement (2450), et celui de soufre négativement : en voici les raisons.

2455. 1°. Quoique le globe de soufre semble opérer aussi bien que le globe de verre, cependant il ne pourra jamais y avoir une étincelle aussi forte, et à une distance aussi grande, entre mon doigt et le conducteur, quand on se sert du globe de soufre, que quand on emploie celui de verre. Je suppose que la raison en est que les corps d'une certaine grosseur ne peuvent pas se séparer de la quantité du fluide électrique qu'ils ont, et qu'ils conservent dans leur substance, après l'avoir attirée, aussi aisément qu'ils peuvent en recevoir une quantité additionnelle sur leurs surfaces, en forme d'athmosphère. Par conséquent on ne peut pas en tirer autant du conducteur qu'on peut y en faire entrer. (*Je ne vois pas la raison de cette impossibilité.*)

2456. 2°. J'observe que le ruisseau ou l'aigrette de feu, qui paroît à l'extrémité du fil d'archal attaché au conducteur, est longue, large et fort divergente, quand on se sert du globe de verre, et qu'elle fait un bruit avec éclat ou craquement. Mais quand on emploie le globe de soufre, cette aigrette est courte, petite, et ne fait qu'un sifflement. (*C'est ce dernier feu qu'on a appelé* point lumineux.) Et tout le contraire des deux arrive, quand vous tenez le même fil d'archal dans votre main, et que les globes travaillent tour à tour : l'aigrette est longue, large, divergente et craquante, quand on fait tourner le globe de soufre : elle est courte, petite et sifflante, quand c'est celui de verre. Quand l'aigrette est longue, large et fort divergente, le corps duquel elle part me sem-

ble jeter le feu : quand le contraire paroît, on diroit que ce corps le pompe. (*Toutes ces observations se réduisent à trouver plus d'énergie dans le verre que dans le soufre.*)

2457. 3°. J'observe que quand j'ai présenté mon doigt devant le globe de soufre, lorsqu'il est en mouvement, le ruisseau de feu, entre mon doigt et le globe, semble se répandre sur sa surface, comme s'il sortoit du doigt : il en est tout autrement du globe de verre. (*Cependant* Francklin *dit, Lettre* 6, avoir découvert et démontré l'affluence du feu électrique au globe, aussi bien que son effluence.)

2458. 4°. Le vent frais (ou ce qu'on appelle de ce nom) que nous avons coutume de sentir comme sortant d'une pointe électrisée, est beaucoup plus sensible, quand on emploie le globe de verre, que quand c'est celui de soufre : mais ce ne sont ici que des pensées hasardées. (*Remarquez que* Francklin *convient qu'une pointe électrisée par le soufre, fait sentir ce vent frais, quoique plus foiblement* (2284).)

2459. 5°. A l'égard de la cinquième expérience (2450), elle peut pareillement être vraie, dit *Francklin*, si les globes travaillent alternativement. Mais s'ils le font en même temps, le feu ne montera ni ne descendra par la chaîne, parce qu'un globe pompera le feu aussi vîte que l'autre le produira.

2460. Voila les vrais élémens de la théorie de *Francklin* sur l'électricité. Ils prouvent que l'auteur de cette théorie est un excellent observateur : presque tout ce qu'il annonce est très bien vu ; il y manque cependant quelque chose ; quelques-unes de ses explications sont insuffisantes, et il y a quelques

phénomènes dont il ne donne point de raisons, par exemple, les attractions et répulsions simultanées, et qui peuvent être expliqués par d'autres théories. Mais quelle est la théorie de cette Science à laquelle il ne manque rien ? Je n'en connois pas : nous ne sommes pas encore assez instruits.

Théorie de l'Électricité d'Æpinus (1).

2461. Toute cette théorie est fondée sur les deux principes suivans, qui, comme nous l'avons dit ci-dessus (2401, 2402), servent également de base à celle de *Franklin.*

2462. 1°. *Les molécules de la matière électrique se repoussent les unes les autres, même à des distances assez considérables.*

2463. 2°. *Ces mêmes molécules sont attirables par tous les corps connus.*

2464. Tous les corps se laissent donc pénétrer par le fluide électrique; mais pas tous avec la même facilité. Tous les corps an-électriques (2241) lui livrent un libre passage, et elle se meut très-aisément dans leurs pores.

2465. Mais les corps *idio-électriques* (2240), tels que le verre, le soufre, les résines, l'air sec, etc. lui permettent bien de passer par leurs pores, mais avec beaucoup de difficulté et de lenteur.

2466. *Æpinus*, en parlant d'attractions et de répulsions, ne prétend pas que les corps aient la pro-

---

(1) Cette théorie est extraite de l'*Exposition de la Théorie de l'Électricité d'Æpinus*, par l'abbé *Haüy*, de l'Académie des Sciences, publiée en 1787.

priété d'agir les uns sur les autres *à distance*; il regarde, au contraire, comme un axiome indubitable cette proposition, qu'*un corps ne peut agir où il n'est pas*. Les mots d'*attraction* et de *répulsion* ne font donc que désigner des faits qu'il adopte pour principes, sans rechercher leur cause immédiate, et desquels il déduit l'explication des phénomènes. (*La théorie qui donne cette cause immédiate* (2533), *me paroît préférable.*)

2467. Chaque corps contient une certaine quantité de fluide électrique, qu'on appelle *sa quantité naturelle*. *Æpinus* pense qu'elle est proportionnelle à la masse. Tant que ce corps en conserve sa quantité naturelle, il ne donne aucun signe extérieur d'électricité : il y a donc équilibre entre la force attractive de ce corps sur sa quantité naturelle de fluide électrique (2463), et la force avec laquelle les molécules de ce fluide se repoussent mutuellement (2462).

2468. Mais si, par un moyen quelconque, on vient à augmenter ou à diminuer cette *quantité naturelle*, l'équilibre se rompt, et le corps devient susceptible de donner des signes extérieurs d'électricité.

2469. On dit d'un corps qu'il est *électrisé positivement*, lorsqu'il a plus que sa quantité naturelle de fluide électrique, et qu'il est *électrisé négativement*, lorsqu'il en a moins. On se sert aussi, dans les mêmes cas, des termes d'*électrisé en plus* ou *électrisé en moins*. Le verre que l'on frotte, acquiert une *électricité positive* sur la surface frottée : (*et de quelle espèce est l'électricité qu'acquiert l'autre surface ? Cela seroit bon à dire : car, par exemple, dans un plateau*,

plateau, les deux surfaces sont frottées :) le soufre et les résines en acquièrent une *négative*, par le même moyen.

2470. *Æpinus* divise les phénomènes électriques en deux classes : la première comprend ceux où le fluide passe d'un corps dans un autre, qui en a une moindre quantité : dans la seconde sont ceux où les corps eux mêmes ont des mouvemens progressifs, par lesquels ils s'approchent ou s'écartent les uns des autres. Il expose d'abord les loix que suit la matière électrique dans les phénomènes de la première classe.

2471. Supposons, dit-il, un corps électrisé positivement (2469) : il s'agit de déterminer l'action du fluide sur une molécule électrique, située auprès de la surface du corps. Tant que ce corps étoit dans son état naturel, la force attractive de sa matière propre, à l'égard de cette molécule, étant égale à la force répulsive que son fluide exerçoit sur cette même molécule (2467), ces deux forces se faisoient équilibre ; et la molécule restoit immobile auprès de la surface du corps, sans être attirée ni repoussée. Mais à cause de l'accroissement qu'a reçu le fluide renfermé dans le corps électrisé positivement, la force répulsive de ce fluide se trouve augmentée ; et alors son action l'emportant sur celle de la force attractive, la molécule est repoussée. Les autres molécules situées auprès de la surface du corps, étant dans le même cas, la couche entière, formée par ces molécules, sera repoussée, à moins que quelque obstacle ne s'y oppose (2473). Si l'on conçoit tout le fluide renfermé dans le corps, comme divisé en une

multitude de couches concentriques, il sera facile de voir que celles de ces couches qui seront situées vers la surface du corps, s'écarteront successivement du centre : en sorte qu'il se fera un *effluvium* continuel de matière électrique, jusqu'à ce que le corps n'ait plus que sa quantité naturelle de fluide.

2472. Concevons maintenant un autre corps électrise négativement (2469). Alors la force répulsive du fluide sur une molécule située près de la surface du corps, étant inférieure à la force attractive de la matière propre de ce corps par rapport à la même molécule, l'attraction exercera sur celle-ci une partie de son action; d'où l'on conclura qu'il y aura une *affluence* continuelle de matière électrique dans le corps, jusqu'à ce qu'il en ait recouvré sa quantité naturelle.

2473. Il peut y avoir deux causes qui s'opposent aux effets que nous venons de décrire, l'une interne, et l'autre externe. La première aura lieu, si le corps est un de ceux qu'on appelle *idio-électriques :* car le fluide ne pouvant se mouvoir qu'avec beaucoup de difficulté à travers ces sortes de corps (2471), son effluence dans le premier cas, et son affluence dans le second, en seront sensiblement retardées.

2474. L'autre cause est celle qui provient de la nature des corps environnans, dans le cas où ceux-ci sont pareillement idio-électriques, tel qu'un air bien sec. La résistance que ces corps opposent au mouvement de la matière électrique, produira dans les effluences et les affluences dont nous avons parlé, un retard semblable à celui que peut occasionner la nature même du corps électrisé. On voit par-là pour-

quoi, toutes choses égales d'ailleurs, l'électricité d'un corps se maintient plus long-temps, lorsque ce corps ou ceux qui l'environnent sont du nombre des corps idio-électriques.

2475. Jusqu'ici nous avons supposé le fluide uniformément répandu dans le corps électrisé ; mais il arrive souvent qu'il y a surabondance de fluide dans une partie de ce corps, tandis qu'il y a defaut du même fluide dans une autre partie. (*Cette supposition que fait ici* Æpinus, *est tout-à-fait sans fondement, et même contraire à ses principes. Car puisque* les molécules du fluide se repoussent (2462), *quelle est la force qui les condense dans une partie du corps électrisé? Et puisque* ces molécules sont attirables par tous les corps (2463), *qu'est-ce qui fait que l'autre partie de ce même corps électrisé perd sa vertu attracvive ?* Æpinus *auroit bien de la peine à répondre à ces deux questions*). Pour simplifier d'abord ce nouveau cas, imaginons un corps BC (*fig.* 342) divisé en deux parties égales, AB, AC, et telles que le fluide de AC excède la quantité naturelle, et que celui de AB soit moindre que la même quansité, le rapport de la quantité acquise d'une part à la quantité perdue de l'autre étant variable à volonté. Cherchons l'action de ce corps sur deux molécules E, D, placées vers ses deux extrémités. D'après ce qui a été dit (2471 et 2472), la partie AC exercera une force répulsive sur les deux molécules, en même temps que la partie AB agira pour les attirer. Mais à cause de l'inégalité des distances où les deux molécnles se trouvent par rapport à l'une quelconque des parties AB, AC, il est clair que la molécule E sera plus repoussée par la partie AC que la molécule D, et que celle-ci,

au contraire, sera plus attirée par la partie AB que la molécule E. Cela posé, il peut arriver différens cas.

2476. Pour mieux concevoir les effets relatifs à chacun de ces cas, observons d'abord que la répulsion de la partie AC sur la molécule E, par exemple, doit croître à mesure que la quantité de fluide additive, acquise par AC, sera elle-même plus grande. D'une autre part, l'attraction de la partie AB sur la même molécule croîtra aussi, à mesure que la quantité soustractive de fluide, perdue par AB, sera plus considérable. Or, comme les quantités de fluide des deux parties sont censées variables, on conçoit qu'il peut arriver, par exemple, que la quantité perdue par AB soit telle que l'excès d'attraction qui en résultera par rapport à la molécule E, compense exactement la diminution qu'éprouve, à raison d'une plus grande distance, cette même attraction, comparée à la répulsion de AC sur la même molécule. Dans ce cas, la molécule E restera immobile.

2477. Si, au contraire, la quantité de fluide perdue par AB n'est pas suffisante pour compenser l'effet de la distance, la répulsion de AC prévaudra sur l'attraction de AB, et la molécule E s'écartera du corps A.

2478. Si enfin la quantité soustractive du fluide de AB compense au-delà l'effet de la distance, il est aisé de voir que la molécule E se portera vers le corps A.

2479. La molécule D, de son côté, subira divers états relatifs à ces différens cas. Si la molécule E, par exemple, reste immobile, la molécule D aura un mouvement progressif vers le corps A, puisqu'elle

est plus voisine de la partie AB, dont la force attractive, dans ce cas, excède la force répulsive de AC, comme nous venons de le voir il n'y a qu'un instant. Si la molécule E tend vers le corps A, la molécule D sera attirée, à plus forte raison, par le même corps.

2480. En général, suivant les différens degrés relatifs des forces exercées par les deux parties du corps A, il pourra arriver que le fluide soit attiré et repoussé à la fois des deux côtés, ou qu'il soit attiré de tel côté, tandis qu'il sera repoussé de l'autre, et réciproquement ; ou qu'enfin il reste immobile d'un côté, tandis que de l'autre il sera attiré ou repoussé. (*Voilà bien des cas qu'*Æpinus *prétend expliquer par sa théorie : mais il n'explique pas le plus commun et le plus constant de tous, qui est celui-ci :* Tout corps électrisé auquel on présente plusieurs corps légers, attire les uns dans le même instant qu'il repousse les autres, par le même côté de sa surface (2523, 2558). *C'est un fait qui ne manque jamais d'arriver, et dont jusqu'ici aucune théorie, si l'on en excepte celle de* l'abbé Nollet, *n'a pu rendre raison*).

2481. Nous placerons ici, continue *Æpinus*, un résultat qui nous sera utile par la suite. Si l'on supposoit que l'excès de fluide de AC se trouvât précisément égal au défaut de fluide de AB, alors la molécule D tendroit nécessairement à pénétrer dans le corps A, et la molécule E en seroit repoussée. Pour le prouver, imaginons que les deux parties AC, AB, agissent seules tour-à-tour sur la molécule D placée à une distance déterminée. Concevons de plus que la force répulsive de la partie AC soit concentrée dans un point déterminé. La force attractive de la partie

AB pourra être conçue comme concentrée dans le point correspondant de cette dernière partie. Car, quelle que soit la loi que suive la répulsion des molécules électriques, à raison de la distance, l'attraction des molécules propres du corps électrisé doit suivre la même loi, sans quoi il n'y auroit point compensation entre cette attraction et la répulsion des molécules du corps considéré dans l'état naturel, ce qui est contraire à l'expérience (2467).

2482. Il suit de là que l'attraction exercée par AB sur la molécule D sera égale, dans l'hypothèse présente, à la répulsion de AC sur la même molécule, puisque, d'un côté, celle-ci est repoussée par AC, en raison de l'excès de fluide de cette même partie, et que, de l'autre, elle est attirée par AB, en raison de la portion de la masse de AB, laquelle faisoit équilibre à la quantité de fluide qui est censée avoir passé dans la partie AC. Donc, dans le cas présent, où la molécule D est plus près de AB que de AC, l'attraction prévaudra sur la répulsion; et la molécule D sera sollicitée à entrer dans le corps BC. On conçoit qu'en même temps l'action du corps BC sur la molécule E doit être répulsive.

2483. L'équilibre étant rompu entre les forces des parties AC, AB, il est clair qu'il tendra à se rétablir; en sorte qu'une portion du fluide de AC passera dans AB, jusqu'à ce que le corps soit rentré dans son état naturel. Ce retour se fera lentement, si le corps A est idio-électrique; mais s'il est an-électrique, le fluide parviendra en un instant à l'uniformité.

2484. *Æpinus* passe ensuite aux phénomènes de

la seconde classe, et il recherche les loix suivant lesquelles deux corps électriques agissent l'un sur l'autre. Soit, dit-il, A, B (*fig.* 343), ces deux corps, que l'on suppose d'abord dans l'état naturel. Toute action étant réciproque, il suffira de considérer celle du corps A sur le corps B. Or il y a quatre forces qui entrent comme élémens dans cette action.

1°. La matière propre de A attire le fluide de B (2463).

2°. Le fluide de A repousse celui de B (2462).

3°. Le fluide de A attire la matière propre de B (2463).

4°. La matière propre de A exerce aussi sur la matière propre de B une action qui sera déterminée ci-après (2486).

Il est clair d'abord, d'après ce qui a été dit (2467), que l'attraction de la matière propre de A sur le fluide de B est égale à la force répulsive mutuelle des deux fluides. Car il en est ici du corps B vis à vis du corps A, comme d'une partie quelconque d'un seul corps à l'égard d'une autre partie du même corps. Ainsi les deux forces dont il s'agit se faisant équilibre, leur effet est comme nul.

2485. En second lieu, la première force est égale à la troisième, c'est-à-dire, qu'autant la matière propre de A attire le fluide de B, autant le fluide de A attire la matière propre de B. Pour le prouver, observons que l'effort que font les deux corps pour se porter l'un vers l'autre, en vertu de l'attraction mutuelle de leurs fluides et de leurs masses, doit être estimé ici comme la quantité de mouvement dans le cas d'équilibre, c'est-à-dire, par le produit des masses et des vîtesses. Cela posé, plus la matière propre ou

la masse de A est considérable, plus chaque molécule du fluide de B a de vîtesse pour se porter vers A : donc cette vîtesse est proportionnée à la masse de A. Donc la quantité de mouvement du fluide de B, ou le produit de la vîtesse de ce fluide par sa masse, est comme la masse même de A, multipliée par la masse du fluide de B. On verra de même que l'effort avec lequel la masse de B est attirée par le fluide de A, est comme la masse de ce fluide, qui détermine ici la vîtesse de B, multipliée par la masse de B. Soit M la masse de A; Q, sa quantité de fluide; *m*, la masse de B; *q*, sa quantité de fluide : les deux attractions ou les quantités de mouvement seront comme le produit de M par *q* est au produit de Q par *m*. Mais les quantités naturelles de fluide étant proportionnelles aux masses (2467), on aura M : *m* : : Q : *q*. Et multipliant l'un par l'autre, les extrêmes et les moyens, on trouvera que le produit de M par *q* est égal au produit de Q par *m*, c'est-à-dire, que les quantités de mouvement, et par conséquent la première et la troisième des forces mentionnées ci-dessus (2484), sont égales entr'elles.

2486. Or la première étant égale et contraire à la seconde, il s'ensuit que l'effet de la troisième est nécessairement balancé par une quatrième, qui lui est pareillement égale et contraire; mais il ne reste pour la quatrième force que celle qu'exerce la matière propre de A sur celle de B : d'où *Æpinus* conclut, 1°. que les molécules de la matière propre des deux corps A et B ont une force répulsive mutuelle (*Ceci est par trop opposé* à la tendance mutuelle des parties de la matière les unes vers les autres, *que tout bon physicien ne manque pas d'admettre et de regar-*

der comme réelle. Aussi Æpinus *avoue-t-il* la répugnance *qu'il a eue d'abord à admettre cette* force répulsive, *qu'il a cependant admise, croyant avoir de bonnes raisons pour cela. On peut remarquer ici avec quelle facilité on se prête à faire des suppositions forcées, quand on a à soutenir un système qu'on a enfanté*); 2°. que cette force est égale à l'une quelconque des trois premières forces, c'est-à-dire, qu'il y a égalité entre les quatre forces dont il s'agit,

2487. Nous venons de voir, continue *Æpinus*, que deux corps A et B, dans l'état naturel, n'avoient l'un sur l'autre aucune action sensible qui pût être attribuée à l'électricité. Concevons que le fluide de A soit augmenté d'une certaine quantité. En reprenant les quatre forces mentionnées ci-dessus (2484), savoir :

1°. L'attraction de A sur le fluide de B;

2°. La répulsion mutuelle des deux fluides;

3°. L'attraction du fluide de A sur B;

4°. La répulsion mutuelle de A et de B (2486);

Il sera facile de voir que l'accroissement du fluide de A n'altère en aucune manière la première et la quatrième forces, puisque l'action du fluide de A n'entre point comme élément dans ces forces. Il n'y aura donc que la seconde et la troisième forces qui subiront des changemens. Or, dans l'état naturel, la seconde force est à la troisième (2485) comme le produit des masses des deux fluides est au produit du fluide de A par la masse de B. Mais ces deux produits étant égaux, si l'on augmente d'une même quantité leur facteur commun, qui est la masse du fluide de A, il est clair que l'égalité subsistera toujours. Donc, dans le cas où le fluide de A seroit aug-

menté, la seconde force feroit équilibre à la troisième; et comme la première est égale à la quantrième, dont elle balance l'effet, il s'ensuit que le corps A, dans l'hypothèse présente, n'aura pas plus d'action sur le corps B, que s'il étoit dans l'état naturel.

2488. Si l'on suppose au contraire que le fluide de B soit diminué d'une certaine quantité, on trouvera que la seconde et la troisième forces sont encore égales, comme dans le cas précédent. (*Cela ne doit pas être, suivant* Æpinus *lui-même : car il dit* (2468) que si l'on vient à augmenter ou à diminuer, dans un corps, sa quantité naturelle de fluide, l'équilibre se rompt, et le corps devient susceptible de donner des signes extérieurs d'électricité: *or on convient unanimement qu'un corps, en pareil cas, a une action sur les corps voisins; donc le corps* A *doit avoir une action sur le corps* B (2187). *Le contraire se conclut de la théorie d* Æpinus; *donc, etc.*)

2489. Il suit de là, dit *Æpinus*, qu'un corps électrisé, soit positivement, soit négativement, n'a aucune action sur un second corps qui est dans son état naturel. Il est bien vrai qu'un corps électrisé, soit positivement, soit négativement, attire toujours d'autres corps qu'on lui présente, et qu'on n'a point tenté d'électriser; ce qui paroît contraire à l'assertion d'*Æpinus*. Mais voici ce qu'il y répond. Tout se concilie, en admettant qu'aucun corps, dans l'état naturel, ne peut être approché d'un autre corps électrisé, sans être tiré lui-même de l'état naturel, et sans devenir électrique. Or c'est en vertu du nouvel état de ce corps, que l'autre a une action sensible sur lui. (*Mais que répondra* Æpinus, *lorsqu'on lui fera*

voir qu'un corps qui ne peut point devenir électrique par l'approche d'un corps électrisé, tel que le soufre, est attiré comme les autres corps? Dans ce cas-là le corps électrisé a donc une action sur un autre corps qui est dans son état naturel. Au reste, Æpinus *convient de ce fait, quoique contraire à l'assertion précédente, comme on peut le voir par ce qui suit.*)

2490. Lorsque l'on approche des corps légers, tels que de petites feuilles de métal battu, d'un corps électrisé positivement (*on peut ajouter*, ou négativement; *car, dans les deux cas, la même chose arrive*), il arrive assez souvent que les unes sont d'abord repoussées, tandis que les autres sont attirées, pour éprouver ensuite une répulsion au point de contact. Pour expliquer cette diversité d'effets (*qui sont les attractions et répulsions simultanées* (2286)), voici ce qu'il dit. Lorsque l'électricité est un peu forte, il y a toujours quelques jets de fluide électrique qui s'échappent à travers l'air environnant, et qui électrisent positivement quelques-uns des corps légers voisins, sur-tout ceux qui sont terminés en pointe, et que l'on sait être très-propres, par leur figure, à soutirer la matière électrique. Ces corps doivent donc être repoussés, avant d'avoir pu se porter vers le corps principal, tandis que celui-ci attire les autres corps légers, qui n'ont conservé que *leur quantité naturelle d'électricité.* (*Ce corps électrisé a donc, de l'aveu d'*Æpinus, *une action sur d'autres corps qui sont dans leur état naturel.*)

2491. *Æpinus* pense que les corps électrisés n'ont point d'athmosphères électriques. L'électricité a, dit-il, une sphère d'activité qui s'étend autour des corps

à une certaine distance. Mais ces corps n'ont point proprement d'athmosphère formée par un fluide électrique ambiant, à moins qu'on n'entende par ce mot le fluide aérien qui entoure ces corps, et qui est toujours électrisé jusqu'à un certain point, soit positivement, soit négativement. Mais cet air n'influe pas sensiblement dans les phénomènes électriques. (*Une théorie qui n'admet pas un fait avoué de tous les physiciens, et si évidemment prouvé* (2411), *ne donne pas une grande idée de sa perfection. D'ailleurs, s'il n'y a rien, entre les corps, qui puisse transmettre l'action du corps électrisé sur les corps qui l'avoisinent, comment* Æpinus *nous fera-t-il entendre que cette action puisse avoir lieu, lui qui a pour axiome indubitable* (2466) qu'un corps ne peut agir où il n'est pas?)

2492. C'est d'après les suppositions précédentes qu'*Æpinus* explique pourquoi un corps en attire ou repousse d'autres; pourquoi ces corps sont plus ou moins fortement attirés ou repoussés dans certains cas que dans d'autres, etc. Si ces suppositions étoient admissibles, ses explications pourroient paroître passables, à quelques contradictions près. Nous en avons déjà vu (2489); il ne faut pas chercher beaucoup pour en trouver d'autres (2493).

2493. *Æpinus*, après avoir conclu, par sa théorie, que deux corps électrisés négativement se repoussent mutuellement, ajoute : Concevons deux corps C, G (*fig.* 344) électrisés positivement, et supposons que, tandis qu'ils s'écartent l'un de l'autre, une cause extérieure agisse pour rapprocher le corps G du corps C. La force répulsive du fluide de

C refoulera une portion du fluide contenu dans F G, et la fera passer dans l'autre partie G H. Pareillement la force répulsive du fluide de G agira sur le fluide de C, pour faire passer une portion de ce fluide de la partie B C dans la partie C D. (*Par quelle puissance est-ce que ces refoulemens auront lieu ? Car, suivant* Æpinus (2491), ces corps n'ont point d'athmosphères électriques : *il n'y a donc rien entre eux qui puisse transmettre l'action de l'un sur l'autre : et, encore, suivant* Æpinus (2466), un corps ne peut agir où il n'est pas. *On ne voit donc ici aucune puissance qui puisse produire ces refoulemens.* Æpinus *répond à cela que c'est* le fluide de C qui refoule celui de G, de la partie F G dans la partie G H : *mais si le fluide de* C *entre dans la partie* F G, *comment cette partie devient-elle négative ? Si au contraire ce fluide n'y entre pas, comment refoule-t-il celui de* G ? *car une baguette ne refoule la bourre qu'en la suivant. Consentons cependant, pour un instant, à lui passer ses refoulemens, et voyons ce qui suit*). Or il pourra arriver qu'il y ait un point où la partie B C, par exemple, ait perdu une telle quantité de son fluide, en passant à l'état négatif, que l'effet de la force attractive de cette partie sur le corps G, compense exactement l'effet de la force répulsive de la partie C D : alors les deux corps resteront immobiles. Et si la même cause extérieure continue de pousser G vers C, les deux corps s'attireront réciproquement. (*Voilà donc deux corps dont les extrémités, qui sont dans* l'état négatif, *doivent, suivant cette théorie*, s'attirer réciproquement ; *tandis que, suivant la même théorie, les corps, en pareil cas, doivent* se repousser. *On dira que c'est* le

changement d'état *de ces corps qui en est cause : mais ce* changement *n'est que gratuitement supposé, et point du tout prouvé*).

2494. Il y auroit encore bien des choses à dire sur la manière dont *Æpinus* explique les autres phénomènes électriques, telles que les aigrettes, les étincelles, etc. Mais comme ses explications sont toutes fondées sur des principes hypothétiques, on auroit toujours les mêmes reproches à lui faire. Par exemple, on sait qu'une pointe, présentée à un corps électrise positivement ou par le verre, laquelle pointe on prétend être alors dans l'état négatif; on sait, dis-je, qu'il sort, ou du moins qu'il paroît sortir de cette pointe une matière qui fait éprouver un souffle très-sensible, qui se porte de la pointe vers le corps électrisé. Cependant on soutient que cette pointe ne fait que recevoir, et ne fournit rien. *Æpinus*, pour rendre raison de ce souffle, prétend que c'est un courant d'air qui se porte de la pointe vers le corps électrisé, pendant que le fluide électrique se porte du corps électrisé vers la pointe : mais on sent combien cette prétention est mal fondée, quand on sait que le même souffle a lieu dans le vide d'air. Ce que nous venons d'extraire de cette théorie suffit, ce me semble, pour la faire connoître. Il est cependant bon de dire encore un mot de la manière dont *Æpinus* explique le *pouvoir des pointes* et *l'Expérience de Leyde*.

2495. On sait que les corps terminés en pointe fine, présentés aux corps électrisés, paroissent leur enlever la matière électrique plus puissamment que ne le font les corps mousses ou arrondis. Le même

fluide paroît s'échapper aussi beaucoup plus facilement des conducteurs terminés en pointe que de ceux qui sont arrondis, ou même coupés quarrément par leur extrémité (2300). Voici comment *Æpinus* rend raison de ce phénomène.

2496. Concevons, dit-il, une pointe *b c* (*fig.* 345), d'un métal quelconque, placée à une petite distance du corps A électrisé en plus. Dans ce cas, une partie du fluide contenue dans la pointe, sera refoulée de *b* vers *c*; d'où il suit qu'il y aura défaut de fluide dans la partie antérieure de la pointe, et excès dans la partie postérieure, située vers *c*. Concevons une seconde pointe *d e*, placée à côté de la première. Les molécules du fluide de *d e*, situées dans le voisinage de la partie antérieure de la pointe *b c*, qui est électrisée en moins, seront attirées par cette pointe (2482). D'ailleurs, elles seront repoussées vers l'extrémité *e* par le corps A. Mais l'attraction balançant en partie l'effet de cette répulsion, les molécules seront moins refoulées vers *e* que si la pointe *b c* n'existoit pas. Or la pointe *d e* faisant la même fonction, par rapport à la pointe *b c*, que celle-ci à l'égard de la première, les molécules de *b c* seront aussi moins refoulées vers l'extrémité *c* que dans le cas où la pointe *b c* eût existé seule. Si donc l'on imagine une multitude de pointes semblables, rangées les unes à côté des autres, il est clair que leurs actions mutuelles s'opposant en partie à la force répulsive du corps A, le nombre des molécules refoulées vers les parties postérieures de cet assemblage de pointes, en sera sensiblement diminué.

2497. Remarquons maintenant qu'en vertu du

défaut de fluide des parties antérieures de l'assemblage dont il s'agit, cet assemblage exerce une force attractive sur le fluide des corps environnans, et en particulier sur celui du corps A; et que cette force est d'autant plus grande, que les parties antérieures des pointes ont perdu une quantité plus considérable de leur fluide naturel. Si donc nons supposons qu'une des pointes dépasse les autres, comme on le voit en *g* (*fig.* 346), cette pointe se trouvant comme isolée à l'égard des pointes voisines, il sera facile de conclure, du raisonnement que nous venons de faire, que l'attraction de cette même pointe, par rapport au fluide de A, s'accroîtra de manière que le fluide de A soit soutiré beaucoup plus efficacement que si cette pointe se trouvoit de niveau avec les premières.

2498. On prouvera également qu'un corps terminé en pointe, et électrisé positivement, doit lancer le fluide en plus grande quantité que si ce corps ne formoit aucune saillie. Car alors, à cause de la résistance de l'air, il se fait toujours au point *b* (*fig* 345) une condensation du fluide renfermé dans la pointe *bc*, et qui tend à en sortir, en vertu de la répulsion mutuelle de ses molécules. Cette portion du fluide condensé exercera donc une force répulsive oblique sur le fluide situé vers *e* dans la pointe voisine: et comme une partie de cette force agit en sens contraire de celui suivant lequel les molécules tendent à s'échapper, elle s'opposera, jusqu'à un certain point, à la sortie du fluide. Le même raisonnement s'applique à chacune des pointes relativement à celles qui l'environnent: d'où il suit que, si une pointe est comme isolée à l'égard des autres,

autres, le fluide en sortira plus librement et plus abondamment. (*Si l'on trouve bonne cette explication du* pouvoir des pointes, *on ne sera pas difficile*).

2499. On sait que si l'on électrise du verre, une partie de chacune de ses surfaces étant garnie de corps an-électriques ; si une personne touche en même temps ces deux surfaces, il reçoit une violente commotion. C'est ce qu'on appelle l'*Expérience de Leyde.* Voici comment *Æpinus* rend raison de ce phénomène.

2500. Concevons, dit-il, que *a b f e* (*fig.* 347) représente un segment de la lame de verre qui forme le ventre d'une bouteille de Leyde, armée à l'ordinaire ; *c o g d,* une portion de la matière métallique, appliquée sur la surface intérieure ; et *i s n k,* une portion du métal qui recouvre la surface extérieure; que *t x* soit une chaîne qui communique avec le conducteur de la machine électrique, et *l m,* une autre chaîne qui tienne à des corps an-électriques, et non isolés. Supposons que l'on ait excité, par quelques tours de plateau ou du corps qui en tient lieu, un certain degré d'électricité positive dans le conducteur. Une partie du fluide électrique passera à travers la chaîne *t x,* pour se rendre dans la lame *c o g d,* qui se trouvera elle-même électrisée en plus; et si l'on imagine que l'air environnant soit très-sec, et que la quantité de fluide additive ne soit pas suffisante pour vaincre sa résistance, cette quantité ne pouvant d'ailleurs pénétrer le verre *a b f e* qu'avec beaucoup de difficulté (2465), restera toute entière, ou presque toute entière dans la lame *c o g d.* Voyons maintenant ce qui doit arriver à la lame extérieure

isnk. D'abord le fluide renfermé dans *cogd*, exerçant une force répulsive sur les molécules du fluide naturel de *isnk* (*cette force répulsive devroit être bien foible, vu la grande difficulté* (2465) *qu'a ce fluide à pénétrer le verre*), une partie de ce dernier fluide sera forcée de sortir de la lame *isnk*, et trouvant de la résistance de la part de l'air environnant, tandis que la chaîne *l m* lui offre un libre passage (2464), elle s'échappera à travers cette chaîne, et se perdra dans les corps contigus. A mesure qu'il sortira du fluide de *isnk*, la force répulsive mutuelle des molécules qui y resteront, diminuera; et l'attraction de la matière propre de *isnk* sur ces molécules, s'accroîtra; en sorte qu'il y aura un point où cette attraction balancera l'effet de la force répulsive du fluide de *cogd*, et à ce terme l'*effluvium* s'arrêtera, et il ne passera plus rien dans la chaîne *l m*. Les molécules situées le long de la ligne *i k* (et il faut en dire autant de celles qui se trouvent entre cette ligne et la ligne *s n*), seront alors dans le cas de la molécule D (*fig.* 342), lorsque les deux actions des parties A B et A C, sur cette molécule, se balancent de manière qu'elle reste immobile, comme nous l'avons expliqué ci-dessus (2476). La lame *cogd*, (*fig.* 347) représente ici la partie A C (*fig.* 342); et la lame *isnk*, la partie A B. Mais comme nous avons vu que, dans le cas dont il s'agit, la molécule E éprouvoit encore une répulsion de la part de la partie B C, de même aussi, dans le cas représenté *figure* 347, les molécules du fluide de *cogd* conservent une action répulsive mutuelle, qui en obligeroit une partie de sortir de cette lame, sans la résistance de l'air environnant.

2501. Si l'on recommence à électriser le conducteur, la lame *c o g d* coutinuera de se charger; et il sortira de nouvelles molécules de la lame *i s n k*, jusqu'à ce que l'équilibre soit encore rétabli. Cet effet se renouvellera toutes les fois que l'on recommencera l'électrisation. Mais enfin, la force répulsive mutuelle des molécules qui seront entrées dans la lame *cogd*, et qui augmente en même temps que le fluide s'accumule dans cette lame, deviendra si considérable, qu'elle vaincra la résistance que lui oppose l'air environnant; et, passé ce terme, si l'on continue d'électriser le conducteur, toute la portion de fluide qui excédera la quantité nécessaire pour balancer la résistance de l'air, s'échappant continuellement de la lame *c o g d*, cette lame ne pourra plus rien acquérir, tandis que la lame *i s n k*, de son côté, cessera de perdre. C'est à cet instant que la bouteille se trouvera chargée jusqu'au point de saturation.

2502. Comme le verre n'est pas absolument imperméable à la matière électrique (2465), on conçoit qu'une partie du fluide de *cogd* doit passer dans les couches voisines de *o g*, en même temps qu'une partie de celui qui est renfermé dans les couches voisines de *sn*, passe dans la lame *s i k n*, pour aller se perdre par la chaîne *l m*.

2503. Il est essentiel de remarquer qu'en vertu de la proximité des deux lames métalliques *cogd*, *s i k n*, la première de ces lames se trouve électrisée beaucoup plus fortement qu'elle ne l'eût été sans la présence de l'autre lame : car une partie du fluide renfermé par excès dans la lame *c o g d*, étant re-

tenue dans cette lame par la force attractive de *s i k n* (2472), le fluide s'y accumule encore bien au-delà du terme où il eût été en état de vaincre la résistance de l'air, si la lame *s i k n* n'existoit pas; ce qui s'accorde avec l'expérience. Il suit encore de là que la lame *c o g d* doit conserver beaucoup plus long-temps son électricité positive, qu'elle ne le feroit dans le cas où la lame *s i k n* se trouveroit supprimée. Aussi, lorsqu'on électrise une bouteille qui n'a point d'armure extérieure, en se contentant d'appliquer la main au-dehors, cette bouteille se décharge-t-elle beaucoup plus promptement, quand on la laisse suspendue au milieu de l'air, que dans le cas où l'on auroit appliqué une lame de métal sur sa surface extérieure.

2504. Concevons maintenant que l'on pose, sur la surface *i k*, l'extrémité *z* d'un fer recourbé *z q r*, ou de tout autre corps semblable et an-électrique. Il n'arrivera rien de nouveau en vertu de cette seule application, puisque le fluide situé le long de *i k*, étant dans l'état d'équilibre (2500), il en résulte que la bouteille ne doit avoir aucune action sur le fluide renfermé dans le corps *z q r*. Mais si l'on applique ensuite l'autre extrémité *r* de ce corps sur la surface *c d*; comme le fluide renfermé dans *c o g d* éprouve encore une action répulsive, qui n'est détruite que par la résistance de l'air, une portion de ce fluide passera aussitôt dans le corps *r q*, où il trouve un libre accès. Mais la lame *c o g d* ne peut pas perdre de son fluide, sans que la répulsion qu'elle exerce sur le fluide *s i k n* ne diminue en même temps, et par conséquent sans que la lame *s i k n* n'attire elle-même de nouveau fluide : elle exercera

donc son attraction sur le corps *z q r*; et ces deux actions simultanées, tant celle de la lame *c o g d* pour se débarrasser de son excès de fluide, que celle de la lame *s i k n* pour reprendre celui qu'elle a perdu, feront que le retour du fluide, d'une lame à l'autre, s'opérera avec une extrême promptitude. C'est cette espèce d'éruption vive et rapide qui produit la forte étincelle que l'on voit jaillir entre la surface *c d* et l'extrémité *r* de l'excitateur, lorsqu'on approche celle-ci de *c d*. Et si, au lieu d'employer un corps métallique, la personne qui fait l'expérience se met en contact d'une part avec la surface *i k*, et de l'autre avec la surface *c d*, ou la chaîne *t x*, on conçoit que cette personne doit ressentir alors une violente secousse aux parties du corps qui se trouvent dans la direction du courant, comme l'éprouvent tous ceux qui font cette expérience.

2505. Plus la bouteille sera mince, et plus, toutes choses égales d'ailleurs, elle s'électrisera fortement. Car, d'une part, la force répulsive du fluide de *cogd*, par rapport à celui de *s i k n*, agira avec plus d'énergie, à raison d'une moindre distance entre les deux lames : d'une autre part, la lame *s i k n* se trouvant plus évacuée, son fluide repoussera d'autant moins celui de *c o g d*, ou si on l'aime mieux, sa matière propre attirera d'autant plus le même fluide. D'où il suit que l'électricité positive d'une part, et l'électricité négative de l'autre, seront plus considérables, que dans le cas où le verre *a b f e* auroit eu plus d'épaisseur.

2506. Une bouteille suspendue à un conducteur

au milieu d'un air très-sec, ne peut s'électriser que très foiblement; car alors le fluide ne pouvant passer dans l'air environnant, si ce n'est en très-petite quantité, l'effet de la répulsion du fluide de *c o g d* sur celui de *s i k n*, se bornera à refouler une partie de ce dernier fluide vers *i k*, et à en faire passer quelques molécules dans l'air voisin. Mais ces effets étant très-limités, il n'en résultera qu'une foible électricité négative dans la partie de la lame *s i k n* située vers *s n*. D'où il suit que la force répulsive du fluide de cette lame, à l'égard du fluide de *c o g d*, n'ayant subi qu'une légère diminution, ne permettra à *c o g d* de se charger que d'une petite quantité de fluide additif : après quoi, si l'on continue d'électriser le conducteur, tout le fluide excédant s'échappera à travers l'air voisin de *c d*.

2507. Il suit encore de là, qu'une bouteille ne peut se charger, du moins que très-foiblement, dans le vide, lors même que sa surface extérieure est en communication avec des corps an-électriques. Car, en purgeant d'air le récipient, on supprime un puissant obstacle, qui eût maintenu, dans l'armure intérieure, l'excès de fluide électrique fourni par le conducteur; en sorte qu'il ne faut à cette armure qu'un léger degré d'électricité positive, pour qu'elle parvienne à son point de saturation.

2508. 1°. Cette explication de l'*Expérience de Leyde* ressemble beaucoup à celle de *Francklin* (2417 *et suiv.*) : elle en diffère cependant en un point essentiel, que voici. Suivant *Æpinus*, toute la vertu de la bouteille réside dans ses garnitures intérieure et extérieure; et suivant *Francklin*, cette vertu réside en entier dans le verre (2417, 2434).

Théorie de l'Électricité d'Euler, publiée en 1761.

2508. 2°. La matière électrique, cause de tous les phénomènes, est l'*Éther*, fluide beaucoup plus subtil et plus élastique que l'air.

Les phénomènes électriques sont produits par un défaut d'équilibre dans l'éther : l'électricité est donc un dérangement dans l'équilibre de l'éther.

L'éther est répandu dans les pores des corps, même de l'air. Parmi ces pores les uns communiquent difficilement avec les voisins, et sont moins ouverts : d'autres communiquent aisément avec leurs voisins; et l'éther peut plus aisément s'en échapper. On appelle les premiers *pores fermés*, et les seconds, *pores ouverts*.

Les corps qui ont les pores ouverts, s'électrisent par communication : ceux dont les pores sont fermés, ne s'électrisent que par frottement. Ces derniers sont l'air, le verre, la poix, les corps résineux, la cire d'Espagne, le soufre, et sur-tout la soie : les autres sont l'eau, les animaux et les métaux. Les autres corps tiennent le milieu entre ces deux classes.

Quand l'éther passe d'un corps dans un autre, il rencontre des difficultés dans l'air : il le traverse cependant; mais son passage est gêné : c'est ce qui cause le sifflement ou petit bruit qu'on entend, et qui est à-peu-près pareil à celui de l'air qu'on oblige de passer avec vîtesse par de petits trous. L'éther, par cette difficulté de passage, reçoit une agitation : l'agitation dans l'air produit du son; de même l'agitation dans l'éther produit de la lumière : donc son

passage dans l'air doit être accompagné de lumière: d'où résultent les aigrettes et les étincelles.

(*Mais quand on le fait passer dans le vide, la lumière en est plus belle : il n'y a cependant pas là de difficultés de la part de l'air*).

Un corps devient électrique, si l'on introduit dans ses pores plus d'éther qu'il n'en a; ou si on chasse de ses pores une portion de celui qui y est : le premier est dit être électrisé *en plus* ou *positivement :* le second est dit être électrisé *en moins* ou *négativement.* Les phénomènes de l'un et de l'autre sont à-peu-près les mêmes.

(*En ceci Euler a raison : il n'y a de différence réelle que dans l'énergie*).

Le frottement dérange l'équilibre, et fait passer le fluide ou l'éther de l'un des corps dans l'autre, suivant que leurs pores sont ouverts ou fermés. Cet état dure un certain temps; parce que les pores du corps frotté, et ceux de l'air qui l'entoure sont assez fermés. Si l'on présente à ce corps frotté un petit corps dont les pores soient ouverts, son éther s'échappera vers le corps frotté, qui lui fera moins de résistance que l'air qui l'entoure; et ainsi le corps paroîtra attiré, étant poussé par l'air. Comme ce passage de l'éther de l'un à l'autre est lent, il n'y aura qu'une foible lumière, si même il y en a. L'air qui est autour du corps frotté, s'électrise peu à peu, et forme son athmosphère électrique, laquelle occasionne les attractions et répulsions.

(*Nota.* Euler dit, 1°. *que l'air sec, corps le plus idio-électrique que l'on connoisse, s'électrise par le voisinage d'un corps électrisé : c'est qui n'est pas ; car, si cela étoit, aucun corps électrisé ne seroit isolé*

dans l'air. 2°. Euler attribue l'attraction à l'impulsion de l'air; et la lumière, à la difficulté que l'air oppose au passage de l'éther. Cependant ces phénomènes sont plus énergiques dans le vide. Que *Euler* réponde à cela).

Lorsqu'on frotte les corps avec un coussin; si ce corps est du verre, les pores du coussin souffrent une plus grande compression que ceux du verre, et leur éther passe dans le verre, d'où résulte l'*électricité positive.* Si le corps frotté est de cire d'Espagne ou de soufre, ses pores sont plus compressibles que ceux du coussin; et son éther passe dans le coussin, d'où résulte l'*électricité négative.* Ces corps frottés communiquent aux corps an-électriques une électricité de même nature que la leur. La positive fournit des aigrettes; signe de la sortie du fluide. La négative fournit des points lumineux; signe de l'entrée du fluide.

(*Les compressions des pores, plus ou moins grandes, ne sont qu'énoncées, et point prouvées; car le coussin est toujours plus compressible que le verre, et même que la cire d'Espagne ou le soufre*).

Si le globe est de verre, le conducteur est positif, et le coussin négatif : car le conducteur reçoit toujours du fluide; et le coussin en donne.

Pour rendre raison de l'expérience de Leyde, *Euler* suppose la bouteille contenant de l'eau, dans laquelle plonge un fil de métal venant du conducteur. Il pose cette bouteille dans un bassin rempli d'eau, laquelle, par le moyen d'une chaîne, communique au plancher. Qu'un homme plonge sa main dans l'eau du bassin, et qu'il aille tirer une étincelle du conduc-

teur; il recevra la commotion. Voici l'explication que donne *Euler* de ce phénomène.

L'éther, dit-il, qui sort du conducteur, traverse avec rapidité le corps de l'homme, et arrive à l'eau du bassin avec assez de vîtesse pour vaincre l'obstacle qu'oppose le verre de la bouteille, et pénétrer ainsi jusqu'à l'eau qu'elle contient : ensuite se rendre de nouveau au conducteur en traversant encore la bouteille, l'eau du bassin et le corps de l'homme, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli : ce qui a lieu dans un temps très-court. Dabord les pores fermés de la bouteille empêchent la dissipation de l'éther qui vient du conducteur. *Euler* convient qu'ensuite la bouteille laisse à l'éther un passage assez libre. Cela vient, dit-il, de ce que d'abord tout est tranquille: et qu'ensuite l'éther est dans une grande agitation, qui le rend capable de forcer les passages.

Quand l'éther passe d'un corps dans un autre, dit encore *Euler*, ce passage se trouve gêné par les pores fermés de l'air : de là vient l'agitation qu'il reçoit; ce qui cause la lumière et le bruit. La chaleur électrise aussi les corps; parce que, dit *Euler*, elle élargit leurs pores, et leur permet de recevoir une plus grande quantité d'éther, qui s'y trouve renfermé, lorsque le corps s'est refroidi.

(*Il sembleroit qu'*Euler *prétend que la cire d'Espagne, fondue et ensuite refroidie, a acquis une plus grande quantité d'éther, laquelle lui donne une électricité positive. Je doute fort qu'on soit content de cette théorie*).

Euler regarde le tonnerre comme un phénomène électrique : car un conducteur isolé, sous un nuage

orageux, s'électrise ; et en donne de très-fortes marques. L'infortuné *Richmann* en a fourni un triste exemple. *Euler* dit avoir des raisons de croire que le nuage a une électricité *positive*. Voici quelles sont ses raisons.

Les orages arrivent ordinairement après les grandes chaleurs : les pores de l'air et des vapeurs en sont élargis ; et ils se remplissent d'éther. Ces vapeurs, en s'élevant, pour former des nuages, rencontrent un froid très-vif, qui rétrécit leurs pores, et y comprime l'éther ; lequel ne peut passer dans l'air, qui a les pores fermés. Mais si un corps conducteur en approche, le nuage s'y décharge : voilà l'éclair, qui frappe le corps. Ce choc y occasionne une violente scousse : c'est de là que résultent le bruit et la lumière ; laquelle lumière étant un vrai feu, peut embraser les corps, etc. Lorsque la pluie survient, l'air, devenant humide, devient électrique, et peut porter la commotion à des corps fort éloignés.

(*La pluie n'est point du tout nécessaire pour que le tonnerre porte ses effets à de grandes distances ; ces effets, s'il n'y a point de pluie, sont même alors plus violens.*)

Euler parle des paratonnerres ; mais comme quelqu'un qui ignore ce qui s'est fait huit ou dix ans auparavant. Il conseille une partie des moyens employés par *Francklin*.

Théorie de l'Électricité de Coulomb, publiée de 1784 à 1789.

2508. 5°. Il y a deux fluides électriques différens l'un de l'autre. 1°. Les corps électrisés, par le même fluide se repoussent ; les corps électrisés, chacun par

un fluide différent, s'attirent; et ces attractions ou répulsions sont en raison directe des densités ou forces du fluide électrique, et en raison inverse du quarré des distances. 2°. Le fluide électrique ne se répand dans aucun corps par affinité chymique, ni par attraction élective; mais il se partage entre différens corps mis en contact, uniquement par son action répulsive. 3°. Dans un corps conducteur, chargé d'électricité, le fluide électrique se répand sur la surface du corps; mais il ne pénètre pas dans l'intérieur du corps.

Pour faire ses expériences, *Coulomb* a commencé par éprouver la force de torsion d'un fil de métal, au moyen de sa balance : et il l'a trouvée en raison composée de l'angle de torsion, de la quatrième puissance du diamètre du fil de suspension, et de l'inverse de sa longueur, en multipliant le tout par un coéficient constant, qui dépend de la nature du métal. Au moyen de cette force de torsion, il mesure, avec précision, de très-petites forces, comme $\frac{1}{10000}$ de grain. Il suspend, par des moyens ingénieux, à un fil d'argent, une aiguille légère qui porte une balle de moelle de sureau : une autre balle pareille est, dans sa balance, en contact avec la première.

Loi fondamentale.

Son fil de suspension, qui avoit 28 pouces de long, pesoit $\frac{1}{16}$ de grain par pied.

La force répulsive de deux petits globes électrisés de la même nature d'électricité, est en raison inverse du quarré de la distance des centres des deux globes.

EXP. Une des balles étant électrisée, on l'a fait toucher à l'autre.

1°. Les deux balles se sont éloignées de $36^{d.}$ — 4 distances.

2°. Le fil de suspension ayant été tordu de $126^{d.}$ les deux balles se sont approchées à $18^{d.}$ — 2 distances.

$(18 + 126 = 144)$ force quadruple.

3°. Le fil de suspension étant tordu de $567^{d.}$ les deux balles se sont rapprochées à $8^{d.}\frac{1}{2}$. — 1 distance.

$(8\frac{1}{2} + 567 = 576 - \frac{1}{2})$ force 16 fois aussi grande, ou quadruple de la seconde.

Donc la force répulsive suit la raisou inverse du quarré des distances.

Lois suivant lesquelles les fluides électriques agissent, soit par répulsion, soit par attraction.

EXPÉRIENCE. Les corps électrisés d'électricités différentes s'attirent en raison directe des densités ou forces du fluide électrique, et en raison inverse du quarré des distances.

Quantité d'électricité perdue par un corps isolé par le contact de l'air, ou le long des supports plus ou moins idio-électriques.

La perte de l'électricité est proportionnelle à la densité ou force électrique : et cette force diminue, par minute, de $\frac{1}{41}$, Il paroît que l'électricité se perd uniquement par le contact de l'air; et non pas le long des supports : et plus promptement les jours chauds que les jours froids.

Pour mesurer la densité ou foroe du fluide électrique d'un corps, ou de différens points de ce corps, on touche ce corps par un corps conducteur; et l'on essaye, à la balance, la force qu'a acquise ce corps conducteur. Ensuite on touche un autre point de ce corps : et on essaye. Après quoi on touche encore le premier point touché. On le trouve plus foible; parce que le contact de l'air lui a fait perdre une partie de son fluide, pendant le temps qui s'est écoulé. Le terme moyen entre les forces acquises par le premier et le troisième contact, donne la valeur du second contact.

Le fluide électrique d'un corps électrisé, se distribue à un corps non électrisé, en raison des surfaces, et non pas en raison des masses; car un globe électrisé perd moitié de son fluide électrique par le contact d'un plan de papier doré, qui a une surface égale à celle du globe.

Il résulte de ces expériences que, lorsque les corps qui se sont touchés, sont séparés, le fluide se répand uniformément sur leurs surfaces : mais il n'en est pas de même, lorsqu'ils sont réunis. Pour ces expériences on a pris des globes. Il en est résulté que, plus les globes sont inégaux, plus la densité du fluide varie sur le petit globe, depuis le point de contact jusqu'à 180 degrés; et plus la densité de ce même fluide approche de l'uniformité sur le gros globe.

On prouve par expérience que deux globes électrisés positivement, et mis en contact, le point de contact du gros globe est toujours positif; mais que le point de contact du petit globe devient négatif à une certaine distance; nul un peu plusloin; et positif audelà.

(Ceci me paroît prouver, contre ce que prétend

Coulomb, *qu'il n'y a pas deux fluides électriques différens : car il faudroit, dans ce cas, qu'ils fussent toujours-là prêts à changer de place : et qu'est-ce qui les y détermineroit? Au lieu qu'un fluide unique peut devenir alternativement plus ou moins abondant au même point.*)

Il résulte des expériences faites sur des globes et des cylindres, que la plus grande densité du fluide est aux extrémités du globe ou du cylindre, lorsqu'il est seul; et aux extrémités de la file, s'il y en a plusieurs : et cette densité est d'autant plus grande, qu'il y en a un plus grand nombre. D'où l'on doit conclure, qu'*elle est plus grande à l'extrémité des plus long conducteurs.* C'est en effet ce que l'on observe. Aussi les cordes des cerfs-volans électriques étincèlent de toutes parts, sur-tout vers leur extrémité inférieure.

On observe aussi que les pointes qu'on adapte aux conducteurs, leur font perdre l'électricité, d'autant plus promptement qu'elles sont plus longues.

(*Cette théorie vaut mieux que celle* d'Euler; *elle n'est cependant pas tout-à-fait exempte de reproches.*)

2509. Quoiqu'aucune de ces théories ne soit suffisante pour rendre raison de tous les phénomènes électriques, elles contiennent cependant toutes des vérités bien prouvées par des faits. J'en ai extrait ces vérités, qui, jointes à celles dont je me suis assuré par mes expériences, m'ont servi à former trente-six *propositions*, que je regarde comme *fondamentales*, et au moyen desquelles je vais tâcher de rendre raison des phénomènes électriques.

Propositions fondamentales.

2510. 1. La vertu électrique est l'effet d'une matière en mouvement, soit au-dedans, soit autour du corps électrisé, et que l'on appelle *matière* ou *fluide électrique* (2224),

2511. 2. Cette matière est la même que celle de la chaleur et de la lumière (1175), combinée avec une substance qui lui donne de l'odeur (2226). C'est sans doute la raison pour laquelle elle n'échauffe pas les corps (1106 et 2237).

2512. 3. La matière électrique sort toujours, du corps électrisé dans l'air, sous la forme de bouquets ou d'aigrettes composés de rayons divergens entre eux, soit que le corps soit électrisé par le verre (2278), soit qu'il soit électrisé par le soufre ou par quelque résine (2279). C'est ce qu'on appelle *matière effluente.*

2513. 4. Mais si le corps est électrisé par le verre, il fournit des aigrettes; et s'il est électrisé par le soufre, il ne fournit que des points lumineux : et les corps présentés à ceux qui sont électrisés par le verre, ne font voir que des points lumineux; tandis que ceux qu'on présente aux corps qui sont électrisés par le soufre, font voir de belles aigrettes (2281).

2514. 5. Parmi les corps, les uns s'électrisent par frottement, et les autres par communication (2239). Ces derniers sont les métaux, l'eau, et toutes les substances humides (2241) : tous les autres corps s'électrisent plus ou moins par frottement, pourvu qu'ils aient assez de consistance pour être frottés (2240).

2515. 6. Pour électriser les corps par communication,

cation, il est nécesaire de les isoler : et les substances qui y sont propres, sont celles qui s'électrisent le mieux par frottement (2243).

2516. 7. Le verre, quoiqu'il s'électrise très-bien par frottement (2240), s'électrise aussi par communication, même sans aucune préparation préliminaire (2247) : malgré cela, il est très-propre à isoler.

2517. 8. La matière électrique pénètre le verre beaucoup plus difficilement que plusieurs autres substances, mais il n'est pas totalement imperméable à ce fluide (2465).

2518. 9. En général, la matière électrique pénètre très-difficilement les corps idio-électriques (2240), à moins qu'ils ne soient chauffés ou frottés : au contraire, les substances an-électriques (2241) se laissent, dans tous les cas, pénétrer très-aisément par cé fluide.

2519. 10. Plus un corps est électrisable par frottement, moins il est susceptible de s'électriser par communication, et *vice versâ* (2239).

2520. 11. Tous les corps qu'on électrise, soit par frottement, soit par communication, soit par le verre, soit par des corps résineux, reçoivent, sur-tout des corps an-électriques qui les avoisinent, une matière semblable à celle qu'ils lancent autour d'eux (2283). C'est que nous appelons *matière affluente*

2521. 12. Le fluide électrique se meut donc de la même manière dans tous ces corps (2285).

2522. 13. Tous ces corps électrisés sont donc entourés d'une athmosphère de ce fluide qu'on nomme *matière électrique*, dont les rayons, animés d'un mou-

vement progressif, vont en deux sens opposés; les uns partant du corps électrisé pour se porter aux environs, les autres venant à lui des corps qui l'avoisinent: ces deux courans sont simultanées; et l'un des deux est ordinairement plus fort que l'autre (2286).

2523. 14. Les corps électrisés attirent et repoussent, dans le même temps et par le même côté de leur surface, des corps légers qui ne sont pas retenus par de trop grands obstacles (2286).

2524. 15. Les corps repoussés par un corps électrisé, ne manquent pas d'être attirés de nouveau par ce corps, sitôt qu'ils ont touché quelque corps an-électrique (2287).

2525. 16. Les corps soutenus sur des substances an-électriques, paroissent plus vivement attirés que ceux qui sont portés sur des substances idio-électriques (2288).

2526. 17. Les corps dont le tissu est plus serré paroissent plus vivement attirés ou repoussés, que ceux dont le tissu est plus lâche et plus poreux (2289).

2527. 18. Un corps électrisé, s'il est libre de se mouvoir, est attiré par un corps an-électrique non électrisé (2290).

2528. 19. Les phénomènes électriques ne sont pas produits uniquement par le corps sur lequel on fait agir la machine électrique; ceux du voisinage y contribuent (2250).

2529. 20. L'électricité est donc l'action de la matière de la chaleur et de la lumière, combinée avec une substance qui lui donne de l'odeur (2237), et à laquelle on a fait prendre un certain mouvement (2224), non-seulement dans les corps frottés ou

isolés, mais encore dans ceux qui les avoisinent, quoique ces derniers ne soient pas isolés (2250).

2530. 21. L'énergie de la vertu électrique est augmentée, dans les conducteurs, beaucoup plus par l'augmentation de surface, que par l'augmentation de masse (2269).

2531. 22. A surfaces égales, plus le conducteur a de longueur, plus les effets sont grands (2271).

2532. 23. La vertu électrique se transmet à de très-grandes distances dans un temps très-court, par le moyen des conducteurs (2264).

2533. 24. Les corps an-électriques électrisés perdent aisément leur vertu par l'attouchement d'un autre corps an-électrique non isolé.

2534. 25. Les corps idio-électriques électrisés gardent leur vertu beaucoup plus long-temps, quoiqu'ils touchent d'autres corps, de quelque nature qu'ils soient.

2535. 26. Les corps électrisés adhèrent les uns aux autres, de façon qu'on ne peut les séparer sans un effort qui quelquefois doit être très-grand (2293).

2536. 27. L'électrisation accélère l'évaporation des liqueurs, et la transpiration des animaux (2291).

2537. 28. Cette accélération d'évaporation et de transpiration a lieu aussi dans les corps qui, sans être isolés, sont seulement placés dans le voisinage du corps électrisé : mais l'effet est moindre (2292).

2538. 29. Un conducteur terminé par une pointe fine, ne donne que de très-foibles signes d'électricité : et, si à un conducteur électrisé on présente une pointe fine d'une substance an-électrique, les signes qu'il

donne d'électricité sont, sur-le-champ, considérablement diminués ; quoiqu'ils ne soient pas totalement éteints. (C'est là ce que l'on appelle le *pouvoir des pointes* (2300).

2539. 30. Les aigrettes enflammées, qu'on apperçoit aux extrémités et aux angles des corps électrisés, sont toujours composées de rayons divergens entr'eux, lorsqu'elles passent dans l'air (2512) : mais si on leur présente un corps an-électrique, elles perdent beaucoup de leur divergence ; leurs rayons deviennent même quelquefois convergens, pour se porter vers ce corps, lequel est pour eux plus perméable que l'air ; et si on les fait arriver dans un espace vide d'air ; elles prennent la forme d'un gros jet de lumière à-peu-près cylindrique, ou en forme de fuseau (2501).

2540. 31. Quand on approche assez près d'un corps électrisé un corps an-électrique, il éclate une étincelle entre les deux : mais cette étincelle n'a jamais lieu, si le corps approché du corps électrisé est idio-électrique (2302).

2541. 32. Ces étincelles se multiplient par une suite de conducteurs non contigus (2303).

2542. 33. L'étincelle qui éclate entre deux corps, est capable d'enflammer des matières combustibles (2304).

2543. 34. Si l'on électrise fortement, par communication, un corps idio-électrique, qui touche d'une part au conducteur isolé par lequel il s'électrise, et d'autre part à une personne qui aille tirer une étincelle de ce conducteur, cette personne éprouve

dans l'instant une violente commotion. C'est là ce qu'on appelle l'*Expérience de Leyde* (2305).

2544. 35. Il est certain que, dans cette expérience, il y a une des surfaces du corps électrisé qui est plus chargée que l'autre (2306).

2545. 36. Ce pouvoir, de donner la commotion (2543), réside principalement dans le corps idio-électrique. Pour que cette expérience réussisse, il faut faire en sorte (d'une manière quelconque) qu'une portion de chacune des surfaces du corps idio-électrique ne soit pas touchée par l'air (2306).

Explication des Phénomènes.

2546. Pour produire ces phénomènes, il faut commencer par électriser des corps. *Les uns s'électrisent par frottement, les autres par communication* (2514). Déterminer d'où vient cette différence dans la manière dont les corps s'électrisent, est, selon moi, une chose, sinon impossible, du moins très-difficile : nous ne connoissons pas assez pour cela la nature des corps. Il vaut donc mieux avouer son ignorance, que de faire de mauvais raisonnemens ou des suppositions forcées. Mais ces faits sont certains ; ils pourront donc nous être utiles pour l'explication des phénomènes. Voyons comment chacun peut avoir lieu.

2547. 1°. L'électrisation par frottement. La matière électrique étant *la même que celle de la chaleur* (2511), est universellement répandue partout (1105) : elle pénètre les corps jusque dans leurs parties les plus intimes ; elle se trouve de même dans les corps voisins, et même dans l'air qui les environne. Lors donc que l'on frotte un corps idio-électrique, comme,

par exemple, un tube, un globe ou un plateau de verre, un bâton ou un globe de cire d'Espagne ou de soufre, on met en mouvement et les particules du corps frotté, et la matière électrique qui en remplit les pores : et cette matière s'élance alors du dedans au dehors (2277), comme on s'en apperçoit en y présentant la main (2224). Le corps ainsi frotté ne s'épuise point par ces émanations continuelles, que nous appellerons *effluences;* car, quelque long temps que dure l'électrisation, elles ont toujours lieu; parce qu'*une matière semblable remplace continuellement le fluide qui fournit aux effluences* (2520), comme nous l'avons prouvé ci-dessus (2285): et ce remplacement est ce que nous appellerons *affluences.* Ce corps est alors électrisé par frottement.

2548. 2°. L'électrisation par communication. Si l'on approche d'un corps déjà électrisé un corps anélectrique, comme, par exemple, un corps vivant, du métal, etc. *convenablement isolé* (2515), la matière électrique, qui réside dans ses pores, est mise en mouvement par les impulsions qu'elle reçoit de la part des rayons effluens qui s'élancent du corps électrisé (2547) : et ce mouvement la porte en avant; de même que de l'eau que l'on fournit à un tuyau déjà à-peu-près plein, occasionne à l'autre extrémité un écoulement qui dure pendant tout le temps que l'on fournit au tuyau de nouvelle eau : et pendant ce temps, *une matière semblable se rend de toutes parts au corps isolé* (2520), pour se porter en partie vers le corps frotté. De sorte que, dans ce corps électrisé par communication, la matière électrique se meut *de la même manière* que dans le corps électrisé par frottement (2285, 2521) : il y a *effluences* et *affluences* dans

l'un et l'autre cas. Je sais bien que le grand nombre des physiciens électrisans ne conviennent pas de ce fait; mais comme je n'en connois point en physique de plus clairement prouvé (2283, 2284, 2286), je ne puis pas ne pas l'admettre.

2549. Cette matière, soit l'effluente, soit l'affluente, s'échappe toujours sous la forme d'*aigrettes composées de rayons divergens* (2512), toutes les fois que ces aigrettes débouchent dans l'air, comme nous l'avons prouvé ci-dessus, soit qu'elle soit excitée par le verre (2278), soit qu'elle le soit par des corps résineux (2279). Cette divergence n'est point produite, comme l'ont pensé quelques physiciens, par la répulsion mutuelle des parties du fluide électrique (2401, 2462); mais plutôt par la résistance qu'elles éprouvent dans l'air, fluide qu'*elles pénètrent difficilement* (2518). La preuve de cela, c'est que si elles débouchent dans un endroit vide d'air (2301), cette divergence n'a plus lieu.

2550. Ce sont, d'une part, ces rayons de matière *effluente*, qui sortent en *divergeant* (2512) du corps électrisé, et d'autre part, ces rayons de matière *affluente* (2520) qui convergent à ce corps électrisé, qui forment son athmosphère (2286, 2522). Il suit de là qu'une athmosphère électrique est composée d'un fluide, dont les différentes parties forment partout deux courans qui se meuvent en deux sens opposés, et dans le même instant, comme cela a été prouvé ci-dessus (2286); et ordinairement il y a un de ces courans qui est plus fort que l'autre (2522). L'abbé *Nollet* a assez bien représenté cette athmosphère (2534) au moyen de la *fig.* 540, dans laquelle *a, a, a*, etc.

sont les rayons effluens, et *b*, *b*, *b*, etc. les rayons affluens.

2551. Lorsqu'un corps est actuellement électrisé, soit par frottement, soit par communication, soit par le verre, soit par les résines, et qu'on lui présente des corps légers, plusieurs de ces corps sont portés précipitamment vers le corps électrisé par une puissance qui demeure invisible : c'est ce qu'on appelle *attraction électrique*. Pour rendre raison de ce phénomène, *Francklin* a supposé (2403) une puissance attractive entre les corps et le fluide électrique. *Æpinus* a supposé (2484 *et suiv.*) une combinaison de quatre forces, pour produire ce petit effet. Toutes ces suppositions sont pour le moins inutiles; car cette *attraction* n'en est qu'une apparente, c'est plutôt une vraie impulsion. Car le corps léger F (*fig.* 340) est poussé vers le corps électrisé A par le courant *b* de *matière affluente* (2520). Voilà donc une cause mécanique, et dont l'existence est prouvée (2283), qui nous dispense d'avoir recours à aucune supposition.

2552. Si, parmi les corps légers présentés au corps électrisé, il y en a plusieurs d'attirés (2551), il s'en trouve aussi plusieurs qui s'éloignent précipitamment du corps électrisé, ou qui, s'ils s'en approchent d'abord, ne manquent guère de s'en éloigner l'instant d'après : c'est ce qu'on appelle *répulsion électrique*. Nous avons encore ici une cause mécanique qui produit cet effet : c'est l'impulsion de la matière effluente (2512), dont l'existence a été bien prouvée ci-dessus (2285), qui oblige le petit corps à s'éloigner. Si le petit corps G, au lieu de se trouver dans le cou-

rant *b* de la *matière affluente* (2520), se trouve en prise au courant *a* de la *matière effluente* (2512), dans un endroit où l'aigrette a assez de densité et de vîtesse, il est d'abord repoussé. Si cette densité n'est pas assez grande, dans l'endroit où se trouve le corps G, il obéira d'abord à l'impulsion de la matière affluente, qui arrive de toutes parts (2520), et s'approchera un peu du corps électrisé A, pour en être ensuite repoussé sitôt qu'il arrivera à l'endroit où la densité et la vîtesse de la matièra effluente deviendront supérieures à celle de la matière affluente. Le corps F lui-même, s'il est an-électrique, quoiqu'il ne rencontre point, dans la ligne F *b*, le courant de matière effluente, ne manquera pas d'être repoussé sitôt qu'il aura approché ou touché le corps électrisé A, parce qu'il s'électrisera lui-même par communication (2548), et deviendra par-là tout hérissé d'aigrettes (2278, 2333), comme on le voit en H; ce qui le mettra en prise à l'impulsion des rayons effluens du corps électrisé A, contre lesquels les siens s'appuient : ce qui les tiendra à une certaine distance l'un de l'autre.

2553. Cette répulsion a lieu par une force qui va en décroissant à mesure que la distance augmente. Mais quelle est la loi suivant laquelle cette force décroît? *Coulomb*, de l'Académie des Sciences, l'a déterminée par des expériences très-ingénieuses. (Voyez les *Mémoires de l'Acad. des Sciences, année* 1785, *page* 569). La méthode qu'a employée *Coulomb*, pour parvenir à cette connoissance, a été la force de torsion d'un fil de métal, sur laquelle il a fait un grand nombre de recherches, qui l'ont conduit à une estimation exacte de cette force, et qui sont le sujet

d'un Mémoire qu'il a lu à l'Académie des Sciences en l'année 1784. La force dont il s'agit ici, est celle qui est capable de contenir un fil délié de métal que l'on a tordu d'une certaine quantité, ou qui est capable de faire équilibre à l'effort que fait ce fil pour se retourner sur lui-même, et revenir à son état ordinaire.

2554. Le fil de métal qu'emploie *Coulomb*, est suspendu au milieu d'un cylindre creux de verre : l'extrémité supérieure de ce fil est saisie par une petite pince, au moyen de laquelle on peut tordre le fil de métal, en faisant tourner une aiguille ou un indicateur, dont la pointe se meut sur la circonférence d'un cercle gradué. A l'extrémité inférieure du fil de métal, est suspendu un petit levier, fait d'un fil de soie enduit de cire d'Espagne, et qui porte, à l'un de ses bouts, une balle de moelle de sureau, et à l'autre bout un morceau de papier huilé, pour servir de contre-poids. La circonférence du cylindre est graduée, à la hauteur correspondante à ce levier, en 360 degrés. Vis-à-vis le point de zéro, est une autre balle de moelle de sureau, dont la position est fixe sur un support idio-électrique.

2555. *Coulomb* fait d'abord en sorte que les deux balles se touchent, le fil de métal étant dans son état naturel, où la torsion est nulle, et l'indicateur, dont on a parlé ci-dessus (2554), se trouvant au point de zéro, sur le petit cercle gradué. *Coulomb* électrise ensuite foiblement les deux balles : à l'instant elles exercent l'une sur l'autre une action répulsive, et la balle mobile s'écarte de celle qui est fixe. Cet écart, mesuré sur la graduation du cylindre, s'est trouvé de

56 degrés. *Coulomb* a fait alors subir une plus grande torsion au fil de métal, en faisant tourner l'indicateur d'une quantité de 126 degrés : en même temps la balle mobile s'est rapprochée de la balle fixe jusqu'au point où la force répulsive mutuelle des deux balles se trouvoit capable de faire équilibre à la force de torsion : les deux balles dans ce moment n'étoient plus écartées que de 18 degrés, lesquels ajoutés aux 126 degrés parcourus par l'indicateur, donnoient 144 degrés pour la valeur totale de l'angle de torsion.

2556. Suivant l'estimation de *Coulomb*, les forces de torsion sont simplement en raison des angles de torsion : or ces angles sont, dans les expériences précédentes, le premier de 36 degrés, et le second de 144 degrés; c'est-à-dire, que le second est quadruple du premier. Mais les distances étoient, l'une de 36 degrés, et l'autre de 18 degrés : la première distance étoit donc double de la seconde; donc, à une distance simple, la force répulsive faisoit équilibre à une résistance quadruple de celle qu'elle éprouvoit à une distance double. D'où il suit que cette force de répulsion suit la raison inverse du quarré de la distance. C'est la loi que *Coulomb* en a conclue. En effet, cela doit être ainsi, car cette répulsion est causée par les rayons effluens des deux balles électrisées, qui s'appuient les uns sur les autres (2554) ; or ces rayons, étant divergens entr'eux, ont, à une distance simple, une densité quadruple de celle qu'ils ont à une distance double : ils doivent donc, à cette distance simple, avoir une force quadruple; car cette force doit être proportionnelle à la densité.

2557. Mais si le petit corps H (*fig.* 340) vient à

toucher quelque corps an-électrique, il sera *attiré de nouveau par le corps électrisé* A (2287, 2524); car, *par cet attouchement, il perdra sa vertu électrique* (2533), et se trouvera de nouveau dans le même cas où il étoit en F (2551).

2558. L'expérience fait voir, et tout le monde le sait, que *ces attractions* (2551) et *répulsions* (2552) sont produites *dans le même instant, et par le même côté de la surface du même corps électrisé* (2523); elles sont donc simultanées, comme les courans de fluide électrique qui en sont la cause (2286). Ces courans doivent emporter avec eux tout ce qu'ils rencontrent d'assez libre pour obéir à leur impulsion : les corps qui se trouvent en prise aux courans de matière affluente, paroissent attirés, et ceux qui se trouvent exposés à l'action de la matière effluente sont repoussés, comme nous l'avons expliqué ci-dessus (2371), d'après la théorie de l'abbé *Nollet :* je ne connois que cette théorie, au moyen de laquelle ce phénomène soit expliqué d'une manière satisfaisante.

2559. Ces attractions sont plus vives, et ont lieu de plus loin, lorsque les corps présentés aux corps électrisés *sont soutenus par des substances an-électriques* (2288, 2525); parce que ces substances *se laissent pénétrer très-aisément par le fluide électrique* (2518), fournissent une plus grande quantité de cette matière affluente, qui, par son impulsion, fait que les corps paroissent attirés.

2560. Un corps actuellement électrique, par quelque voie qu'il le soit devenu, attire et repousse toutes sortes de matières indistinctement, soit an-électriques, soit idio-électriques, pourvu qu'elles ne

soient pas retenues, ou par trop de poids, ou par quelque autre obstacle. Mais il y a certaines substances sur lesquelles le fluide électrique a plus de prise que sur d'autres : et cette disposition plus ou moins grande à être attirée et repoussée par un corps électrique, dépend bien moins de la nature des matières, que *d'un assemblage plus ou moins serré de leurs parties* (2289, 2526). Une petite lame de métal est plus vivement attirée ou repoussée, et de plus loin, qu'une petite paille ou un morceau de papier, quoique plus pesante : le même ruban, s'il est seulement mouillé, ciré ou gommé, devient par cela même plus propre à obéir à l'impulsion du fluide électrique, que s'il n'eût pas été ainsi préparé, quoique cette préparation ajoute à son poids. On en voit aisément la raison : le fluide électrique, qui emporte ces corps suivant son courant, agit d'autant plus puissamment sur eux, qu'il y a plus de parties qui agissent à la fois ; or, il y en a un nombre d'autant plus grand, que ces corps en laissent moins passer ; ce qui arrive lorsque leur tissu est plus serré et moins poreux. Si l'on habilloit les ailes d'un moulin, ou qu'on fît les voiles d'un vaisseau avec de la gaze, le vent y produiroit peu d'effet.

2561. *Un corps électrisé*, s'il est libre de se mouvoir, *est attiré par un corps an-électrique non électrisé* (2290, 2527). Le même fluide dont nous avons jusqu'à présent fait usage, va encore nous servir à rendre raison de ce phénomène. Supposons une petite feuille de métal C (*fig.* 348) électrisée, et isolée par un fil de soie DC : ses *rayons effluens* (2512) éprouvent de tous les côtés une résistance semblable, soit de la part de l'air, qui, étant idio-électrique, *ne*

n'en laisse que difficilement pénétrer (2518), soit de la part de la *matière affluente* A et B (2520), qui la pousse également dans tous les sens : d'où il résulte qu'elle doit demeurer en repos ; c'est en effet ce qui arrive. Supposons maintenant qu'à cette même feuille de métal *c*, isolée par le fil de soie *d*, on présente un corps an-électrique, tel qu'un morceau de métal ou la main, la feuille de métal en sera attirée ; car ce corps an-électrique étant *très-perméable au fluide électrique* (2518), oppose moins de résistance aux rayons effluens de la feuille *c*, que ne faisoit l'air dont il a pris la place : la matière affluente *a* pousse donc la feuille *c* vers ce point moins résistant ; ce qui fait qu'elle paroît être attirée par la main. Voilà donc un exemple où les corps voisins du corps électrisé contribuent aux phénomènes (2528).

2562. *Dufay* (2512), et après lui *Kinnersley* (2145), ont observé qu'un corps qui a été électrisé et repoussé par le verre, est attiré par un corps résineux électrisé ; et que celui qui a été repoussé par le corps résineux, est attiré par le verre. En conséquence, ils ont conclu qu'il y avoit deux sortes d'électricités réellement distinctes l'une de l'autre, puisque le verre et les résines repoussent les corps qui ont contracté une électricité de même nature que la leur, et qu'ils attirent ceux qui en ont contracté une d'une nature différente. Mais avant de conclure ainsi, il eût été bon de s'assurer si le phénomène étoit constant : c'est ce que j'ai cherché à connoître. Pour cela, j'ai répété un grand nombre de fois ces expériences ; et j'ai observé que les résultats étoient tantôt conformes, tantôt opposés à ceux de ces Messieurs : de sorte que le corps qui étoit repoussé par le verre,

étoit tantôt attiré, tantôt repoussé par la résine; et le corps qui étoit repoussé par la résine, étoit tantôt attiré, tantôt repoussé par le verre. Il ne me paroît pas très-difficile de rendre raison de cette espèce de contrariété : je dis plus, c'est qu'il est possible, avec un peu d'habitude et un temps favorable, de faire réussir l'expérience d'une manière ou de l'autre, à volonté.

EXPÉRIENCE. J'ai isolé un petit corps, en le suspendant par le moyen d'un fil de soie : et tandis que je frottois un tube de verre, une autre personne frottoit un bâton de cire d'Espagne. Lorsque, par l'approche de mon tube de verre, j'avois électrisé et repoussé ce petit corps, aussitôt l'autre personne en approchoit le bâton de cire d'Espagne; et en répétant plusieurs fois cette expérience, tantôt le petit corps en étoit attiré, tantôt il en étoit repoussé. Il est aisé de rendre raison de cette variété d'effets. La cire d'Espagne, qui est idio-électrique, *est très-peu perméable au fluide électrique, à moins qu'elle ne soit frottée* (2518); mais, dans ce dernier cas, elle se laisse pénétrer assez facilement par ce fluide. Lors donc qu'on approche le bâton de cire d'Espagne, ainsi frotté, du petit corps électrisé, il produit le même effet que la main dont nous venons de parler (2561); il oppose peu de résistance aux rayons effluens du petit corps électrisé; et ce petit corps paroît attiré. Mais si la cire d'Espagne n'étoit que foiblement électrisée, ou qu'elle le fût très-fortement, elle opposeroit beaucoup plus de résistance à ces rayons effluens; et le petit corps seroit repoussé. Dans le premier cas, elle ne seroit que peu perméable au fluide électrique : dans le second, ses rayons

effluens seroient à-peu-près aussi forts que ceux du verre. L'une et l'autre de ces circonstances doivent occasionner la répulsion. Ainsi pour faire réussir l'expérience comme l'ont annoncé *Dufay* et *Kinnersley*, il faut communiquer à la cire d'Espagne une électricité moyenne; et pour la faire manquer, il faut ne lui en donner qu'une très-foible, ou lui en communiquer une très-forte. On a donc eu tort de dire qu'il y a deux sortes d'électricité de natures différentes : elles ne diffèrent que par l'énergie.

2563. Ce sont cependant ces expériences, ainsi que celles qu'a faites *Francklin* (2458 *et suiv.*), qui ont occasionné la distinction de l'électricité, en *positive* et *négative*, en *plus* et en *moins* (2282). Nous devons avouer qu'il y a là une distinction réelle, et qui mérite d'être conservée : ces deux sortes d'électricité se distinguent l'une de l'autre par un phénomène constant, dont nous avons parlé ci-dessus (2281). L'électricité en *plus* est désignée par une belle et grande aigrette bien épanouie; et l'électricité en *moins*, par une très-petite aigrette, appelée *point lumineux* (2282). Mais cette distinction ne résulte pas de deux électricités de natures différentes; car elles subsistent très-bien toutes deux dans le même corps, dans le même conducteur; l'une à une de ses extrémités, et l'autre à l'autre (2281) : elle ne résulte pas non plus, comme on le prétend (2282), d'une différence de direction dans le fluide électrique; puisque ce fluide se meut de la même manière dans l'un et l'autre cas (2285), comme nous l'avons prouvé ci-dessus (2283, 2284). Il paroît que la seule différence qui existe entre les électricités en *plus* et en *moins*, ne consiste que dans la différence de l'activité du

du fluide électrique, qui a un mouvement plus rapide dans un cas que dans l'autre. Telle a été l'opinion de *Francklin* (2451). D'où je conclus que les noms d'électricités en *plus* et en *moins* sont plus convenables que ceux d'électricités *positive* et *négative*, ces derniers noms donnant une idée fausse du phénomène.

2564. Il arrive quelquefois que des corps adhèrent fortement à la surface des corps électrisés : nous en avons donné ci-dessus (2293 *et suiv.*) des exemples frappans. Cette adhérence est produite par l'impulsion de la matière affluente (2283, 2284) qui vient aux corps électrisés, *des autres corps qui les avoisinent* (2520), et même de l'air qui les environne.

2565. Nous avons dit ci dessus (2291) que *l'électrisation accélère l'évaporation des liqueurs, ainsi que la transpiration des animaux* (2536). Nous avons fait voir (2283) que si, à un corps actuellement électrisé, on accroche un petit vase K (*fig.* 337) ou D (*fig.* 338) rempli d'eau, et terminé par un tuyau délié qui n'en permette l'écoulement que goutte à goutte, cet écoulement est accéléré, et se fait par des jets continus de rayons divergens. Cet effet est causé par la matière effluente qui s'échappe du corps électrisé. Il est aisé de concevoir que la même cause doit accélérer la transpiration des animaux : la matière effluente, qui s'échappe par les pores du corps d'un homme électrisé, doit emporter avec elle les petites particules aqueuses qui forment sa transpiration insensible, et en accélérer la sortie. La même matière doit produire le même effet, en traversant

une masse de liqueur, ou un corps chargé d'humidité ou de toute autre substance évaporable.

2566. Cette accélération a lieu aussi dans les corps, qui, sans communiquer au corps actuellement électrisé, *sont seulement placés dans son voisinage, et sans être isolés* (2292, 2537). Pour rendre raison de ce second effet, souvenons-nous que *tout corps électrisé reçoit, sur-tout des corps an-électriques qui l'avoisinent, une matière semblable à celle qu'il lance autour de lui* (2520). C'est cette matière (que l'on nomme *affluente*) qui accélère l'écoulement de la liqueur contenue dans le vase C non isolé, et tenu devant le conducteur DH électrisé (2286). La même matière, sortant du corps d'un homme non isolé et placé devant un corps électrisé, doit produire le même effet, et accélérer sa transpiration ; de même qu'elle doit accélérer l'évaporation des liqueurs et des substances évaporables contenues dans les corps qui sont en présence d'un corps électrisé. Mais, comme cette matière affluente ne sort du corps présenté que par le côté qui est tourné vers le corps électrisé (2250), (voyez le vase C, *fig.* 338) l'effet est moindre que dans le cas précédent (2565), où l'accélération a lieu de tous les côtés.

2567. L'expérience a constamment prouvé (2267) que l'*énergie de la vertu électrique est augmentée, dans les conducteurs, beaucoup plus par l'augmentation de surface que par l'augmentation de masse* (2530) Cela doit être ainsi, d'après ce qu'a prouvé *Coulomb*, dans son *quatrième Mémoire sur l'Électricité*, imprimé parmi ceux de l'Académie des Sciences, *année* 1786, *page* 67. Il a fait voir, par

des expériences très-ingénieuses, que le fluide électrique se communique d'un corps à un autre, non pas en raison de la nature des corps, mais en raison de leurs surfaces, quand ces surfaces sont égales dans les deux corps : mais que, si ces surfaces sont inégales, le fluide se partage entre eux suivant un rapport moindre que celui des surfaces : de sorte que la surface du plus petit étant, par exemple, un quatorzième de celle du plus gros, sa quantité de fluide sera à-peu-près un onzième de celle qui reste au plus gros. On voit, par-là, qu'il y a beaucoup à gagner, en augmentant plutôt la surface que la masse des conducteurs.

2568. On a aussi prouvé par expérience (2267) qu'*à surfaces égales, plus le conducteur a de longueur, plus les effets qu'il produit sont grands* (2531). Cet effet vient sans doute de ce que, dans les différens conducteurs, dont les surfaces sont égales, le plus long est certainement terminé par une surface plus étroite ; la vertu électrique y est donc plus concentrée, comme cela arrive dans les aimans, dont les poles aboutissent à des parties menues (2168).

2569. On sait que *la vertu électrique se transmet à de très grandes distances dans un temps très court, par le moyen des conducteurs* (2532). Cela vient de ce que *le fluide électrique se meut avec une très-grande facilité dans tous les corps an-électriques* (2518) ou conducteurs.

2570. Les conducteurs terminés par une pointe fine, ne s'électrisent que foiblement : et ceux auxquels on présente, même d'assez loin, une pointe fine d'une substance an-électrique, ne donnent que

de très-foibles signes d'électricité (2300, 2538). C'est là ce que l'on appelle le *pouvoir des pointes*. Nous avons vu ci-dessus comment *Francklin* (2412 *et suiv.*) et *Æpinus* (2496 *et suiv.*) rendent raison de ce phénomène. Voyons maintenant la raison qu'en donne l'abbé *Nollet*. Ce que nous allons dire est extrait de ses *Lettres sur l'Electricité, première Partie, lettre VI*. On sait, dit-il, que la matière électrique se meut avec plus de facilité dans les corps que l'on appelle *conducteurs*, que dans l'air même de notre athmosphère (2352). Ainsi, selon ce principe reconnu de tout le monde, que *les corps en mouvement se portent toujours vers l'endroit où ils éprouvent le moins de résistance*, la matière électrique que l'on pousse, par l'action du globe, dans une barre de fer, doit s'y mouvoir le plus long-temps qu'elle peut; et n'en sortir que par les endroits les plus saillans, les plus avancés dans le milieu de plus grande résistance. Or ces endroits sont les angles et les pointes du conducteur : ainsi la matière électrique, filant par-là de préférence, doit sortir moins abondamment et avec moins d'impétuosité par tous les autres points de la surface. Voilà pourquoi les signes d'électricité sont plus foibles dans les conducteurs terminés en pointe; et apparemment pourquoi ces conducteurs acquièrent et gardent moins d'électricité que les autres : car la durée et l'intensité de cette vertu dépendent principalement de ces émanations qui forment l'athmosphère électrique.

2571. Pour bien comprendre maintenant, continue l'abbé *Nollet*, pourquoi la matière électrique s'échappe plus aisément et plus promptement par les pointes des conducteurs que par les autres parties

de leur surface, il faut se ressouvenir que tout corps actuellement électrisé est environné, non-seulement de *ses propres émanations* (2355), qu'on a nommées *matière effluente*, mais aussi d'*un fluide semblable qui tend à lui de toutes parts* (2356), et qu'on a appelé *matière affluente*. Ces deux matières, dont *les mouvemens sont contraires et simultanées* (2357), doivent nécessairement s'entrechoquer, et se faire quelque obstacle l'une à l'autre. La matière effluente, qui débouche du corps électrisé, trouve donc deux résistances à vaincre : l'une de la part de l'air, *qui est un milieu peu perméable pour elle* (2352); et l'autre, de la part de la matière affluente, qui la choque en sens contraire de son mouvement. S'il arrive donc qu'il y ait, à la surface de ce corps électrisé, un endroit vis-à-vis duquel cette matière affluente n'ait que peu de mouvement, les effluences doivent se faire par-là avec plus de facilité, n'ayant presque plus à vaincre que la seule résistance de l'air : les autres effluences doivent donc diminuer par-tout ailleurs; car il est naturel que la matière électrique se porte de préférence à cet endroit, où elle peut sortir avec plus de facilité.

2572. Or voilà précisément ce qui doit arriver à un conducteur terminé par une pointe très-fine : car l'extrémité de cette pointe servant de canal à la matière effluente, et ne présentant que très-peu de pores ouverts pour la matière affluente (*mais le reste de la surface en présente beaucoup*), celle-ci ne s'achemine qu'en fort petite quantité contre la première, et par conséquent ne met presque point d'obstacle à son mouvement; ou du moins celui qu'elle met, n'est guère que celui d'un fluide en repos qui reçoit

le choc, mais qui ne l'augmente point en allant au devant. (*Ce raisonnement n'est pas trop bon : car, suivant meme l'abbé* Nollet, *le fluide, qui débouche de cette pointe*, sort sous la forme d'aigrette épanouie (2353), *qui doit rencontrer les rayons de matière affluente qui se porte au conducteur, vers les points de sa surface voisins de la pointe : et ce fluide doit se porter au conducteur, suivant l'abbé* Nollet, *avec d'autant plus de vîtesse, qu'il en sort davantage de la pointe : ce qui devroit, selon lui, continuer d'entretenir la vertu électrique, qu'il fait consister en ce double courant* (2354). *Cette pointe ne devroit donc point occasionner d'affoiblissement dans les signes d'électricité de ce conducteur.*) Il n'en est pas de même, continue l'abbé *Nollet*, si la pointe est grosse et courte : l'aigrette qui sort par cette pointe, se trouve plongée dans un courant de matière affluente assez large pour faire obstacle à une grande partie de ses rayons. (*Il en est de meme, comme nous venons de le dire, de l'aigrette qui sort de la pointe fine*) : car les aigrettes des parties voisines, ayant presque autant d'avantage qu'elle pour sortir, occasionnent une affluence plus prompte, et, par conséquent, une réparation et un remplacement de parties, qui rend l'électricité plus durable. (*Il semble, par ceci, que l'abbé* Nollet *regarde les effluences de la pointe fine comme beaucoup moins abondantes que celles de la grosse : le conducteur devroit donc moins perdre par la pointe fine. Si, comme le pensent les Physiciens, les effluences sont plus abondantes par la pointe fine, cela devroit occasionner, selon l'abbé* Nollet, *une plus grande affluence*, qui devroit rendre l'électricité plus durable ; *ce qui est contre l'expérience*).

2573. On peut de même, continue l'abbé *Nollet*, rendre raison pourquoi un corps non électrisé et pointu, que l'on présente à un corps actuellement électrisé, enlève l'électricité de ce dernier plus facilement et plus promptement que ne le feroit un corps mousse. Nous avons prouvé qu'un corps non électrisé et pointu, par exemple, un poinçon de fer, qu'on présente par sa pointe au corps électrisé, fournit à ce dernier une matière affluente. Cette matière sort donc de la pointe du poinçon pour se porter au corps électrisé; et, par les raisons que nous venons de donner ci-dessus (2572), elle sort plus facilement par cette pointe que par tous les autres endroits de sa surface. Or, plus cette matière sort facilement par la pointe *a* (*fig.* 349), moins elle fait d'effort pour sortir par la surface inclinée *ac*; et de là il arrive que les rayons *b*, *b*, de la matière effluente du corps électrisé, qui trouvent beaucoup de résistance à passer dans l'air (2352), se plient vers cette surface, qui leur présente un milieu beaucoup plus perméable pour eux, et de laquelle il ne sort presque point de rayons affluens, qui les empêchent d'entrer. C'est là vraisemblablement la raison pour laquelle un poinçon, présenté par sa pointe *a*, enlève plus aisément l'électricité d'un conducteur. Car lorsqu'on tourne le gros bout *d* (*fig* 350) du poinçon vers le corps électrisé, cette même matière affluente, qui ne fournit qu'une fort petite aigrette à la pointe (*mais cette petite aigrette est, comme les grandes, composée de rayons divergens, et qui, quoiqu'invisibles, se portent meme très-loin*), s'épanouit bien davantage, en se tamisant par une surface large; et quoiqu'elle n'ait pas assez de vîtesse pour s'enflammer, elle a une

force suffisante pour arrêter en partie les rayons effluens du corps électrisé, qui se présentent pour enfiler le poinçon.

2574. Il paroît donc certain, dit l'abbé *Nollet*, que ce que l'on nomme *le pouvoir des pointes*, n'appartient pas précisément et uniquement aux pointes : les effets qu'elles produisent sont aussi très-redevables aux surfaces qui s'étendent d'un bout à l'autre du corps pointu. Car ces effets sont toujours moins grands, lorsqu'on fait ensorte que les rayons effluens du corps électrisé ne puissent pas arriver à ces surfaces. C'est ce qu'il est aisé de faire, en les arrêtant par le moyen d'un carreau de verre de 9 ou 10 pouces (25 ou 27 centimètres) de large, et percé au milieu d'un très-petit trou, capable seulement de recevoir l'extrémité de la pointe qu'on y introduit. Le carreau de verre empêche alors que les rayons effluens du corps électrisé n'arrivent à la surface du corps pointu : et, dans ce cas, les effets qu'on attribue aux pointes sont toujours moins grands. (*Cela est exactement vrai : l'expérience est constante ; mais cela ne prouve pas que le corps pointu doive enlever par sa longue surface le fluide effluent du corps électrisé ; car un gros corps mousse présente aussi beaucoup de surface perméable à ce fluide, et cependant ne produit pas les effets d'une pointe fine.*)

2575. Cette explication n'est donc pas plus satisfaisante que celles de *Francklin* (2412 *et suiv.*) et d'*Æpinus* (2496 *et suiv.*). Il faudroit pouvoir en mettre une meilleure à leur place : j'avoue mon impuissance à cet égard : ces messieurs, pour soutenir leur opinion, ont fait d'assez mauvais raisonnemens ; j'aime

mieux me taire que de faire comme eux. Il me paroît très-difficile de rendre raison de ces singuliers phénomènes. J'ai encore observé d'autres faits qui ne font qu'augmenter la difficulté. Si l'on enveloppe la pointe qui termine le conducteur, d'un cylindre de métal, de manière que l'extrémité de la pointe soit dans le plan du cercle que forme la circonférence de l'extrémité du cylindre, cette pointe est comme nulle; elle ne produit aucun effet.

Expérience. J'ai placé une boule de métal non isolée à 1 $\frac{1}{2}$ pouce (40 millimètres) de distance d'un conducteur électrisé et arrondi dans toutes ses parties; et la force de l'électricité étoit telle, que les étincelles se succédoient assez rapidement. (Cette distance doit varier suivant l'intensité de la force actuelle de l'électricité; et elle doit être telle que, si elle étoit un peu plus grande, les étincelles n'éclateroient pas.) J'ai ensuite présenté à ce conducteur, à 10 ou 12 pouces (environ 3 décimètres) de distance, une pointe très-fine, celle d'une aiguille à coudre: sur-le-champ les étincelles ont cessé de paroître. J'en ai présenté une seconde à la même distance, de sorte qu'il y en avoit deux à la fois; les étincelles ont reparu. Est-ce que les vertus de ces pointes se sont mutuellement détruites? Ce qu'une seule peut faire, ne devroit-il pas être plus sûrement produit par deux qui agissent ensemble? Si ces pointes ont une force réelle (comme l'expérience semble le prouver), ne devroient-elles pas s'entr'aider, au lieu de se nuire? A ces deux pointes, en présence desquelles les étincelles continuoient d'éclater, j'en ai ajouté une troisième: aussitôt les étincelles ont cessé. (Cet effet n'est pas constant: il m'a manqué quelquefois; la

plus souvent il m'a réussi.) Est-ce que cela dépendroit du nombre impair ? Toutes questions auxquelles il est bien difficile de répondre.

2576. Quoique nous ignorions la cause du *pouvoir des pointes*, il n'en est pas moins réel : et je pense, avec *Francklin*, qui en a eu la première idée (2300), qu'une pointe élevée au-dessus d'un bâtiment, et communiquant avec la terre humide ou avec l'eau, peut diminuer beaucoup l'effet de la foudre. Ce sont ces pointes, ainsi élevées, qu'on appelle *paratonnerres* (2300). Mais, d'après les faits que je viens de citer (2575, je conseillerois toujours, en pareil cas, de n'élever qu'une pointe unique, et non pas plusieurs, sur le même bâtiment : d'autant plus que j'ai toujours observé que les conducteurs qui ne présentent qu'une pointe fine *g* ou *h* (*fig.* 529) au globe ou au plateau qui les électrise, reçoivent plus de vertu que ceux qui leur présentent une partie large, ou armée de plusieurs pointes.

2577. *Le fluide électrique sort toujours du corps électrisé dans l'air, sous la forme d'aigrettes composées de rayons divergens* (2512). Il arrive souvent que ces aigrettes deviennent lumineuses en s'enflammant : mais elles ne le deviennent que lorsque les rayons de matières effluente et affluente ont assez d'activité, et une vîtesso respective assez grande, pour que le choc des uns contre les autres puisse les enflammer : car cette inflammation est produite par ce choc. La preuve de cela, c'est que, si une barre de fer, par exemple, est trop foiblement électrique pour faire paroître à son extrémité ou à ses angles, ces aigrettes lumineuses, on ne manquera pas de les

faire naître en y présentant le plat de la main, ou tout autre corps an-électrique, *plus perméable à la matière électrique* (2518) que l'air qui l'environne, et plus capable de lui fournir une grande quantité de matière affluente : car alors la matière effluente de la barre électrisée, trouvant moins de résistance à pénétrer ce corps qu'elle n'en trouve à passer dans l'air, s'y portera préférablement à tout autre endroit, et prendra plus d'activité et de vitesse; et la matière affluente qui y abordera en plus grande quantité, et dont la vîtesse absolue sera augmentée, augmentera aussi la vîtesse respective des deux : de sorte que le choc de la première contre la dernière sera assez fort pour l'enflammer.

2578. Ces aigrettes enflammées sont toujours composées de rayons divergens entre eux, quand elles passent dans l'air (2301, 2539). Ce qui fait prendre ainsi la forme d'aigrette à la matière électrique qui sort d'un corps, de quelque manière qu'il soit devenu électrique, c'est la résistance qu'éprouve cette matière de la part de l'air, lequel étant idio-électrique, ne s'en laisse que très-difficilement pénétrer (2518). Car si vous faites arriver ces aigrettes dans un espace vidé d'air, la divergence n'a plus lieu, comme nous l'avons prouvé ci-dessus (2301). En voici encore une autre preuve non moins satisfaisante. Je dis que l'aigrette qui sort de l'extrémité d'un conducteur électrisé, éprouve, de la part de l'air, une résistance qui est telle, que ce conducteur reculeroit, s'il étoit assez léger, et qu'il eût d'ailleurs assez de liberté pour se mouvoir; de même qu'un canon recule par la résistance que l'air oppose à la matière enflammée qui en sort, et qui le frappe plus vîte qu'il ne peut céder.

Rendons donc ce conducteur assez léger et assez mobile pour cela. Que l'on prenne une aiguille à-peu-près semblable à une aiguille de boussole, et suspendue de même (2182), mais dont les deux extrémités soient courbées horizontalement en sens contraires. Si l'on électrise cette aiguille, en adaptant, par exemple, son pivot au conducteur, il paroîtra à chacune de ses extrémités une aigrette lumineuse, qui frappera l'air plus vîte qu'il ne peut céder; ce qui obligera chaque extrémité à reculer. Mais comme l'aiguille est suspendue par son milieu, elle prendra un mouvement de rotation assez vif pour que les deux aigretes fassent voir un cercle entier de lumière, de même qu'on voit un ruban de feu, en faisant tourner un charbon ardent avec un certain degré de vîtesse. Ce mouvement de rotation, imprimé à l'aiguille, ne peut certainement venir que de la résistance que l'air oppose aux rayons effluens de l'aiguille. Donc, etc.

2579. *Quand on approche, assez près d'un corps électrisé, un corps an-électrique, il éclate une étincelle entre les deux* (2502, 2540); c'est-à-dire, que, si à un corps électrisé, soit par frottement, soit par communication, on présente un corps de la nature de ceux qui sont susceptibles de s'électriser *par communication* (2514), tels que du métal, un corps humide, un être vivant, etc. il éclate entre ces deux corps un trait de feu brillant, auquel on a donné le nom d'*étincelle*. Cette étincelle est produite par l'inflammation subite du fluide électrique; et cette inflammation est causée par le choc et la collision mutuelle des rayons de la *matière effluente qui sort du corps électrisé* (2512), et de ceux de la *matière affluente fournie par le corps an-électrique présenté*

(2520). La preuve de cela, c'est que, si l'on présente au corps électrisé un des corps idio-électriques, tels que de la cire d'Espagne, du verre, etc. qui ne fournissent que peu ou point de cette matière affluente, on n'appercevra entre ces deux corps aucune étincelle; car alors il manquera un des deux courans de ce fluide nécessaires pour l'inflammation.

2580. Ces étincelles causent une douleur plus ou moins forte aux être animés qui contribuent à les faire éclater. Cette douleur vient de ce que ces deux courans de matière effluente et affluente, en se rencontrant et se choquant, se causent mutuellement un mouvement rétrograde, qui en fait rentrer une partie dans les corps dont ils sont sortis : mais cette matière y rentre dilatée par l'inflammation, ce qui distend les parties et cause la douleur qu'on ressent. Cela est si vrai que, si les deux personnes qui font l'expérience, tiennent chacune à la main un œuf crud, et qu'elles fassent éclater l'étincelle entre les deux, dans le moment que l'étincelle éclate, les deux œufs deviennent intérieurement tout lumineux.

2581. C'est ce mouvement rétrograde dont nous venons de parler (2580), qui donne la faculté de *multiplier* à son gré *ces étincelles par une suite de conducteurs non contigus* (2303, 2541). Car lorsqu'il éclate une étincelle *h* (*fig.* 328) entre le premier conducteur A B et le petit conducteur H, le fluide électrique, en rétrogradant, rentre en H, et va produire une autre étincelle en *i;* ensuite en *k*, en *l*, etc. en un mot, dans tous les endroits où les conducteurs ne se touchent pas, pourvu que l'intervalle qui les sépare, ne soit pas trop grand (2303). Car chacun de ces

petits conducteurs, H, I, K, L, fournit de la matière affluente, qui va heurter la matière effluente du conducteur qui le précède, duquel choc résulte l'étincelle.

2582. C'est d'après ces connoissances qu'on a construit des tableaux électriques, qui représentent de petites illuminations. Pour cela on prend une bande ou un carreau d'un verre un peu épais, sur lequel on colle de petits quarrés de ces feuilles minces d'étain dont on se sert pour mettre les glaces au tain. Il faut observer, en collant ces petits quarrés, de les opposer diagonalement entre eux, comme on le voit *fig.* 552, et les placer fort près les uns des autres, sans cependant qu'ils se touchent. Il faut de plus ajouter deux bandes des mêmes feuilles d'étain, l'une A pour tirer l'étincelle du conducteur électrisé, et l'autre B pour établir une communication avec la main de celui qui opère. Dès qu'on tire une étincelle avec la bande A, il en éclate autant qu'il y a d'intervalles qui séparent les petits quarrés. On sait que le fluide électrique suit les conducteurs, non-seulement en lignes droites, mais aussi dans toutes sortes de directions, soit que ces lignes soient courbes, soit qu'elles fassent entre elles toutes sortes d'angles. On peut donc, au moyen de ces tableaux, représenter toutes sortes de dessins. Mais il y a une observation à faire, lorsqu'il s'agit de figures fermées, comme un cercle, un quarré, une étoile (*fig.* 553), et généralement de toute ligne rentrante sur elle-même. Ces petites pièces de métal, qui dessinent le tableau, forment ensemble un conducteur; et l'on sait, par expérience, qu'un conducteur replié ne tire point d'étincelle de lui-même : il faut donc faire en sorte, si l'on veut avoir en lumière

le dessin de la figure entière, que ce dessin ne forme qu'une seule ligne, repliée autant de fois qu'on voudra, dont une extrémité tire l'étincelle du conducteur électrisé, et dont l'autre extrémité communique à la main de celui qui fait l'expérience. Ainsi pour représenter, par exemple, une étoile, on placera une partie CDEFGHIKLMN sur une des faces du verre, et l'autre partie OPC sur l'autre face, que je suppose ici être l'inférieure. On ajoutera sur la face supérieure la pièce AC, qui servira à tirer l'étincelle, et la pièce de communication NO, qui, en se repliant sur l'autre face, ira communiquer à la partie OPC de la figure, laquelle partie communiquera elle-même avec la main par la pièce CB placée sur la face inférieure. Moyennant cela, le feu électrique arrivera du conducteur à la main, en passant par tous les replis de la figure : et la transparence du verre permettra de voir la figure entière, quoiqu'il n'y en ait qu'une partie dessinée sur chaque face.

2583. *L'étincelle qui éclate entre deux corps, est capable d'enflammer des matières combustibles* (2304, 2542). Nous avons dit que *la matière électrique est la même que celle de la chaleur* (2511) : or toutes les fois que cette matière s'enflamme, elle est capable d'embraser les corps qui en sont susceptibles; car en les pénétrant et en écartant les parties, elle les dispose à se combiner avec l'oxigène (1111), et c'est dans cette combinaison que consiste l'embrasement (655). Mais pour que cet embrasement ait lieu, il faut que l'étincelle éclate; ce qui ne peut pas arriver, si l'un des deux corps entre lesquels elle doit éclater, est idio-électrique et non frotté (2579) : par exemple, si l'on veut enflammer de l'esprit-de-vin, et qu'on le

tienne dans une cuiller de verre, ou qu'on lui présente un bâton de cire d'Espagne, il n'y aura ni étincelle, ni embrasement.

2584. *Si l'on électrise fortement par communication un corps idio-électrique, qui touche d'une part au conducteur isolé par lequel il s'électrise, et d'autre part à une personne qui aille tirer une étincelle de ce conducteur, cette personne éprouve dans l'instant une violente commotion.* C'est là ce qu'on appelle l'*Expérience de Leyde* (2505, 2543). Nous avons vu ci-dessus comment on rend raison de cette expérience par la théorie de *Francklin* (2417 *et suiv.*), ainsi que par celle d'*Æpinus* (2500 *et suiv.*). Nous allons voir maintenant quel parti l'abbé *Nollet* tire de sa théorie pour rendre raison de cette commotion.

2585. Si l'on tient, dit-il, dans une main un vase de verre mince, par exemple, une bouteille F (*fig.* 527) en partie pleine d'eau, dans laquelle soit plongé le bout d'une verge de métal électrisée DBA, et qu'on approche l'autre main de cette verge pour exciter une étincelle E, on sent une violente et subite commotion dans les deux bras, et souvent même dans la poitrine, dans les entrailles, et généralement dans toutes les parites du corps. L'abbé *Nollet* pense que tous les corps sont intimement pénétrés de la matière électrique (2539), et c'est assez le sentiment de tous les physiciens : voici, en conséquence, son raisonnement. Si, un tonneau étant plein d'eau, la liqueur qui le remplit étoit frappée par quelque endroit, il est certain que le choc seroit réparti à toute la masse liquide, et que tous les points de la surface intérieure du vaisseau s'en ressentiroient : il est encore certain que

que si la liqueur, au lieu d'un seul choc, en recevoit en même temps deux par des parties opposées, la commotion générale, dont on vient de parler, en seroit plus forte. Regardons maintenant l'homme qui fait l'*expérience de Leyde* comme un vaisseau rempli de matière électrique. Cette matière, dont il est intimement pénétré, se trouve frappée et répercutée tout-à-la-fois par deux côtés opposés, dans le moment qu'il excite l'étincelle ; savoir, d'une part par le courant de matière qui sort du vase de verre F et se porte à la main qui le tient, et d'autre part par le courant de matière qui se porte de la verge de métal électrisée B A à l'autre main E qui y excite une étincelle. Ce sont ces deux répercussions simultanées qui occasionnent la violente commotion qu'on ressent dans cette expérience. (Ce n'est donc point, à son avis, un fluide transporté d'une surface à l'autre.)

2586. Il est aisé de se convaincre de cette double répercussion. On sait que la matière électrique devient lumineuse quand elle est choquée (2577, 2579). Que l'on fasse donc entrer dans l'expérience des corps diaphanes, et la commotion s'y rendra sensible par une lumière interne. Ainsi, au lieu d'une seule personne, qu'on en emploie deux, dont l'une tienne le vase rempli d'eau, tandis que l'autre excite l'étincelle, et qu'on leur fasse tenir à chacune, par un bout, un tube de verre rempli d'eau : lorsque l'explosion se fera, et que les deux corps animés ressentiront la secousse, le tube intermédiaire qui les unit, brillera d'un éclat de lumière aussi subit et d'aussi peu de durée que le coup qui frappe les deux personnes appliquées à cette épreuve. (*Mais la translation du fluide, d'une surface à l'autre, exciteroit aussi de la lumière.*) N'est-il

pas tout-à-fait probable qu'on verroit en nous la même chose, si nous étions transparens comme le verre et l'eau ?

2587. Pour que cette expérience réussisse, il n'est pas nécessaire d'employer un vaisseau creux, ni d'y mettre de l'eau : un carreau de verre, garni de part et d'autre de quelque métal, peut être mis en place de la bouteille; mais alors il faut laisser à l'une et à l'autre surface, deux pouces (54 millimètres) de bords qui ne soient point garnis. *Voyez la fig.* 351 où le carreau de verre A est placé sur une platine de métal qui communique au conducteur par la chaîne B, laquelle platine est isolée sur un gâteau de résine G, et fait par conséquent partie du conducteur. L'on établit ici la communication entre la surface supérieure du carreau de verre et la chaîne B qui vient du conducteur, par le moyen de l'arc de fer ECD; ce qui donne lieu à l'explosion. (*La commotion est, dans ce cas-là, trop violente pour essayer de servir soi-même de pièce de communication; car, en faisant l'expérience avec cet appareil, on a tué des animaux même assez gros.*) C'est un appareil semblable, auquel *Francklin* avoit ajouté un portrait du roi George, qu'on a appelé *Tableau magique de Francklin.* La manière dont *Jallabert* a rendu raison de cette commotion, ressemble beaucoup à celle de l'abbé *Nollet.* Quant à *Dufay*, il ne l'a jamais connue.

2588. Parmi les différentes opinions sur cette fameuse expérience, laquelle est la bonne ? cela est bien difficile à décider. Chacune paroît appuyée sur des faits qui semblent lui être favorables : il y en a sur-tout qui paroissent prouver la bonté des deux

opinions les plus opposées ; savoir, de celle de l'abbé *Nollet*, et de celle de *Francklin* : les autres ne paroissent être, en quelque façon, que des émanations de ces deux là.

2589. Les deux courans opposés que soutient l'abbé *Nollet*, et qui sont si bien prouvés (2285) dans les autres phénomènes électriques, ne le sont pas moins dans celui-ci par l'expérience que voici :

Expérience. Dans un cahier de papier de 12 ou 18 feuilles plus ou moins, mettez trois lames minces de cet étain dont on se sert pour étamer les glaces ; savoir, une au milieu et une de chaque côté, après la première ou seconde feuille : faites passer la commotion au travers de l'épaisseur de ce cahier ainsi garni. Vous trouverez, si la commotion n'est pas trop forte, les deux lames d'étain extérieures percées, et celle du milieu ne le sera pas : et le plus souvent les deux trous ne sont pas vis-à-vis l'un de l'autre. On conçoit aisément qu'il est impossible qu'un seul courant produise cet effet.

2590. Le courant unique que soutient *Francklin*, ainsi que l'une des surfaces de la bouteille surchargée de matière électrique, tandis que l'autre en est dénuée (2306, 2544), paroissent aussi bien prouvés par l'expérience suivante qui m'a été indiquée par *Deparcieux*.

Expérience. Chargez une bouteille par son crochet, de manière que le conducteur qui l'electrise communique à la surface intérieure : ôtez ensuite son crochet avec un bâton de cire d'Espagne, afin de ne lui rien faire perdre de son électricité. Mettez cette bouteille sur la platine de la machine pneumatique couverte

d'un récipient, et y faites le vide. Si vous opérez dans l'obscurité, vous verrez le feu électrique sortir abondamment du goulot de la bouteille, et se diviser en jets, dont plusieurs se courbent pour se porter à la panse. Répétez l'expérience, avec cette différence que vous chargerez la bouteille par la panse : alors vous verrez le feu électrique sortir de la panse, s'élancer en jets, dont plusieurs se courbent pour entrer dans le goulot de la bouteille. Cela ne prouve-t-il pas que la surface qu'on a fait communiquer avec le conducteur isolé, est surchargé de feu électrique, tandis que l'autre en a moins qu'il ne lui en faut ?

2591. Il ne paroît pas qu'il soit absolument nécessaire, comme cependant on le prétend, de mettre un corps conducteur ou an-électrique dans l'intérieur de la bouteille : car si, au lieu d'eau ou de limaille de fer ou de cuivre, on y met du verre pilé ou concassé, l'expérience réussit très-bien, et la commotion est même assez forte. Si l'on n'y met rien du tout, et que de plus on la vide d'air, l'expérience réussit encore. Voilà pourquoi j'ai dit (2306, 2545) que, pour que cette expérience réussisse, il suffit, en général, qu'*une portion de chacune de ses surfaces ne soit pas en contact immédiat avec l'air.*

2592. Ces faits, dont plusieurs paroissent se contredire, ne font qu'augmenter la difficulté, lorsqu'il s'agit de rendre raison de l'expérience de Leyde. Si nous voulons être de bonne-foi, nous avouerons ingénument que nous ne sommes pas encore assez instruits sur cette merveilleuse bouteille, pour bien rendre raison de la commotion qu'elle cause.

2593. Il est certain, contre l'opinion d'*Æpinus*

(2508), que la vertu de la bouteille *réside principalement dans le corps idio-électrique* (2545), dans le verre, et non pas dans ses garnitures. En voici la preuve. Prenez une bouteille A non garnie; remplissez-la d'eau environ à moitié; chargez-la par son crochet, en la tenant à la main ou en la posant sur des corps an-électriques, de manière qu'elle ne soit pas isolée. L'eau sera sa garniture intérieure; la main qui la tient, ou le corps an-électrique sur lequel vous la posez, sera sa garniture extérieure. Cela fait, ôtez son crochet avec un bâton de cire d'Espagne; videz l'eau qu'elle contient dans une autre bouteille B non électrisée, en vous servant d'un entonnoir de verre : et posez cette bouteille vide A sur un support de verre, afin qu'elle perde le moins de vertu qu'il sera possible : ensuite mettez-y de nouvelle eau, et y ajoutez son crochet, elle donnera la commotion. Donc la vertu réside dans le verre. Si vous mettez un crochet à la bouteille B, dans laquelle vous avez mis l'eau de la bouteille A, et que vous essayiez de faire l'expérience, elle ne réussira pas; tout au plus vous aurez une très-foible étincelle. Donc la principale vertu ne réside pas dans les garnitures.

2594. Il semble que le fluide électrique porte avec lui quelque chose d'acide, ou qu'il s'en forme pendant qu'il est en action; car il fait cristalliser les alkalis.

Expérience. Mettez un peu d'alkali en liqueur dans une bouteille, et la remuez dans tous les sens, afin d'en enduire ses parois intérieures : plongez-y un fil de métal qui communique avec le principal conducteur, et électrisez cette bouteille pendant cinq ou six heures. Quelques jours après, vous trouverez

ce sel cristallisé en belles aiguilles, qui auront jusqu'à 7 à 8 lignes (16 à 18 millimètres) de long.

2595. Il paroît aussi qu'il y a une véritable analogie entre le fluide électrique et le fluide magnétique; car le premier aimante le fer et l'acier comme le fait le second.

EXPÉRIENCE. Faites en sorte qu'une aiguille de boussole, qui n'ait jamais été aimantée, fasse partie des pièces qui servent de communication entre les surfaces extérieure et intérieure d'une bouteille de Leyde. Si-tôt qu'au moyen de ces pièces de communication vous aurez fait éclater l'étincelle, et que vous aurez par-là fait passer la commotion d'un bout à l'autre de l'aiguille, cette aiguille se trouvera aimantée; elle aura des poles, comme vous pourrez vous en assurer en la plaçant sur son pivot : car elle se dirigera comme les autres aiguilles de boussole; elle attirera ou repoussera une autre aiguille, suivant qu'on la lui présentera par le pole de différent ou de même nom. Il suffit même, pour aimanter une pareille aiguille, de l'électriser à la manière d'un conducteur : j'en ai plusieurs de cette espèce, qui n'ont jamais été aimantées autrement.

2596. De même qu'on a imaginé des thermometres pour désigner les différens degrés de chaleur des corps, de même aussi on a cherché à se procurer des *électromètres* pour désigner les différens degrés de la vertu électrique. Un instrument qui mériteroit ce nom, seroit celui qui seroit propre, non-seulement à nous indiquer si un corps est actuellement électrique, mais de combien il l'est plus qu'un autre auquel on le compare, ou plus qu'il ne

l'a été lui-même dans un autre temps, ou dans des circonstances différentes : en un mot, ce seroit celui qui seroit propre à nous apprendre quel est le dégré absolu de l'électricité d'un corps. Mais on n'est point encore parvenu à se procurer un pareil instrument. On en a cependant imaginé plusieurs, dont les uns sont très-simples, et les autres plus compliqués, et en même temps fort ingénieux. Celui de l'abbé *Nollet* est un simple fil posé sur le conducteur, et dont les deux bouts s'écartent plus ou moins, suivant le degré actuel d'activité de la vertu électrique. Cet électromètre n'apprend pas grand'chose. Celui de *Waitz* (*Traité de l'Électricité et de ses causes*, *de* Waitz, §. 180 *et suivans*), ressemble beaucoup à ce dernier : ce sont deux lames de métal semblables, longues de 6 pouces (162 millimètres), pesant chacune 3 onces (92 grammes), suspendues à deux fils de soie d'égales longueurs, et pendant librement assez près l'une de l'autre pour se toucher avant qu'on les électrise. Si l'on approche au-dessous, et fort près de ces deux lames, un corps électrisé, elles s'écartent l'une de l'autre en décrivant deux petits arcs de cercle; et leur écartement est d'autant plus grand, que le degré d'électricité qu'on leur communique est lui-même plus considérable. Celui qu'ont imaginé *d'Arcy* et *Le Roy* est beaucoup plus compliqué et fort ingénieux; mais, de même que les autres, il ne fait connoître que les degrés relatifs. On en trouvera la description et l'usage dans les *Mémoires de l'Acad. des Sciences*, *année* 1747, *page* 130.

2597. *Volta* a imaginé un autre instrument, dont on fait aujourd'hui beaucoup d'usage, et au-

quel il a donné le nom d'*électrophore*, parce qu'il conserve, pendant un temps très-long, l'électricité qu'on lui a communiquée. Cet instrument est composé de deux plaques rondes de métal, dont l'une est enduite, d'un côté seulement, d'une couche de matière résineuse; et l'autre est attachée à des cordons de soie ou à une tige de verre, au moyen desquels on peut l'isoler. Si l'on frotte avec la main sèche, ou mieux encore, avec une peau de lièvre du côté du poil, la couche de résine qui est sur la plaque de métal; qu'on pose dessus cette couche de résine l'autre plaque de métal, en la touchant avec la main, et que tout de suite on l'enlève au moyen des cordons de soie ou de la tige de verre, on en tire une étincelle en y présentant la main. Si l'on met de nouveau cette plaque de métal sur la couche de résine, en la touchant encore, et qu'on l'enlève comme la première fois, on en tire une nouvelle étincelle : et l'on peut ainsi recommencer 100 ou 200 fois, ou même davantage. Si on laisse cette plaque de métal sur la couche de résine, dans un endroit quelconque, mais hors de portée de l'humidité, plusieurs mois après on y trouvera encore des signes d'électricité, sans qu'il soit besoin de nouveaux frottemens.

2598. La construction de cet instrument paroît fondée sur une expérience qu'a faite l'abbé *Nollet*, et que voici. Il a formé un cône de cire d'Espagne, en le moulant dans un verre à boire un peu chauffé et légèrement enduit d'huile intérieurement : quand ce cône a été refroidi et détaché de son moule, il l'a électrisé en le frottant avec la main; et l'a ensuite couvert avec le verre dans lequel il avoit été moulé.

Il l'a laissé, sans y toucher, pendant 8 ou 9 mois; au bout duquel temps il lui a encore trouvé des signes d'électricité.

Analogie entre les effets du Tonnerre et ceux de l'Électricité.

2599. On est certain aujourd'hui que la cause qui produit les effets du tonnerre, est la même que celle qui produit les effets électriques. On remarque entre ces effets une si grande ressemblance (à la grandeur près), qu'on est autorisé à croire que le tonnerre est lui-même une grande électricité, qui s'excite naturellement, et qui règne, du moins en certains temps, dans une partie de l'athmosphère terrestre. Je dis, *du moins en certains temps*, car je suis bien porté à croire qu'elle y regne continuellement, mais le plus souvent d'une manière trop foible pour pouvoir devenir sensible pour nous, à moins qu'elle ne soit plus fortement excitée par quelques circonstances favorables.

2600. Le premier qui ait remarqué cette analogie, est *Gray*, comme le prouve la manière dont il s'explique sur la ressemblance du feu électrique avec celui du tonnerre et des éclairs, à la fin d'une lettre écrite à milord *Mortimer*, datée de la Chartreuse, du 28 janvier 1734. Cette lettre se trouve dans les *Transactions Philosophiques*, n°. 436, *p.* 24. Après avoir parlé de plusieurs expériences d'électricité, il continue en ces termes : « Nous voyons, » par ces expériences, qu'on peut produire, par l'é- » lectricité, une flamme de feu avec une explosion » et une ébullition de l'eau froide ; et quoique ces

» effets ne soient à présent que *in minimis*, il est très-» probable qu'avec le temps on trouvera un moyen » de rassembler une plus grande quantité d'électri-» cité, et conséquemment d'augmenter la force de » ce feu électrique, qui, par plusieurs expériences » (*si licet magnis componere parva*), paroît être » de la même nature que celui du tonnerre et des » éclairs ». En 1748, l'abbé *Nollet* (*Leçons de Physique, tome IV, page* 314) apperçut cette même analogie, et la présenta comme une chose du moins très-probable : en effet, qu'est-ce qui ressemble plus à un coup de foudre que la commotion électrique ? Dans les animaux tués par l'un ou par l'autre, on remarque les mêmes causes de mort. Enfin, en 1752, parut un ouvrage de *Francklin*, dans lequel il assure la réalité de cette analogie, quoiqu'il n'en eût pas encore fait l'expérience. Son assertion fut ensuite convertie en certitude, le 10 mai 1752, par la fameuse expérience de Marly-la-Ville, qui a été depuis tant de fois répétée avec succès, qu'il n'y a plus lieu d'en douter. Il résulte de cette expérience, que tous les corps an-électriques, convenablement isolés, et présentés sous les nuages orageux, acquièrent la vertu électrique : ce qui prouve très-clairement que la matière du tonnerre est de la même nature que celle de l'électricité.

2601. Il est donc bien prouvé maintenant, 1°. qu'en temps d'orage principalement, il règne une électricité naturelle dans l'athmosphère : 2°. quelquefois même, lorsqu'il n'y a ni orage ni nuage : 3°. qu'alors tous les corps an-électriques, pointus ou non, élevés ou couchés, s'électrisent, s'ils sont isolés : 4°. que cette électricité se fait plus fortement sentir dans les

lieux élevés que dans les lieux bas; parce que, dans les premiers, les corps sont plus près des nuages électrisans.

2602. Nous devons donc regarder la nuée qui porte le tonnerre, comme un grand corps électrisé. Mais comment cette nuée acquiert-elle la vertu électrique? On sait que cette vertu s'excite dans les corps de deux façons : par frottement dans les uns, et par communication dans les autres (2239). Sitôt que les premiers sont une fois électrisés par frottement, ils communiquent leur vertu aux autres qui en sont susceptibles, et qui, étant isolés, se trouvent à une distance convenable. Or l'air est un corps idio-électrique : nous pensons donc que, sur-tout dans le temps d'orage, où il est assez ordinaire de voir les vents ainsi que les nuages, aller en sens contraire les uns des autres, une partie de l'athmosphère glissant sur l'autre, l'air s'électrise en se frottant contre lui-même ou contre les objets terrestres qu'il rencontre en passant, ou contre les nuages, qui y flottent avec des vîtesses et dans des directions différentes, et qu'il communique ensuite son électricité à la nuée dont il est chargé. Il est même très-probable que les substances inflammables, qui s'élèvent et s'accumulent dans la région des nuages, contribuent à la grandeur des effets (849), non-seulement par elles-mêmes, mais peut-être encore, soit par la matière électrique qu'elles portent avec elles, soit en formant avec les vapeurs aqueuses un fluide mixte, plus susceptible d'une grande électrisation. Ce qui le fait croire, c'est que les orages sont plus grands et plus fréquens dans les temps et dans les lieux où nous avons des raisons de penser que ces exhalaisons sont répandues

en plus grande abondance dans l'athmosphère, comme dans les saisons et dans les climats chauds; ainsi que dans les endroits où le terrein est rempli de substances capables de fournir une grande quantité de ces exhalaisons.

2603. La nuée doit donc être alors considérée comme un conducteur d'un grand volume, actuellement isolé et électrisé; et elle doit faire, mais en grand, et avec toute l'intensité qu'exige la grandeur du phénomène; elle doit faire, dis-je, vis-à-vis des corps an-électriques qu'elle rencontre, ce que font nos conducteurs ordinaires à l'égard de ceux qu'on leur présente. Elle doit électriser par communication ceux qui sont convenablement isolés : elle doit causer aux autres des percussions violentes, des commotions, des inflammations, etc. Si donc une pareille nuée en rencontre une autre qui ne soit pas électrisée, ou qui le soit moins fort qu'elle, ce qu'on appelle *électrisée en moins* (2563), la matière électrique qu'elle lance de toutes parts, se porte de préférence vers cette nuée (2518); et dans le même temps cette dernière fournit une matière semblable à la nuée électrisée (2520). Ces deux courans de matière, en se choquant l'un l'autre, s'enflamment (2579) : voilà l'*éclair* qui nous éblouit. Mais ce choc cause une répercussion et un mouvement rétrograde qui contraint chacun de ces courans à rentrer précipitamment dans le corps d'où il sortoit (2580) : de là naît le bruit éclatant et redoublé que nous entendons; de même qu'on ne manque pas d'en entendre toutes les fois qu'on oblige un fluide à en pénétrer un autre avec vivacité : voilà le bruit du *tonnerre*. Si cette nuée électrisée, au lieu d'étinceller vis-à-vis d'une autre

nuée, étincelle vis-à-vis d'un objet terrestre, qui s'en trouve à une distance convenable, voilà la *foudre* qui éclate. La foudre n'est donc autre chose que l'éclair, autre chose que la matière électrique, qui s'enflamme par le choc de ses propres rayons, entre un nuage et un corps terrestre. Et cette matière ainsi choquée et répercutée, jouissant dans tous les corps d'une contiguité presque parfaite (2547), est capable de frapper, de rompre, de fondre, de calciner les corps les plus durs, et d'enflammer les corps combustibles. Et plus les corps terrestres seront capables de fournir une grande quantité de cette matière qui produit la foudre, plus ils seront susceptibles d'être foudroyés; voilà pourquoi les corps vraiment an-électriques (2559) sont plus souvent foudroyés que les autres. Ainsi les animaux, les arbres verds, les bâtimens dont les sommités sont garnies de métal, y sont très-sujets.

2604. Quelques Physiciens, entre autres *Maffei*, (*della formazione de' Fulmini, trattato del Sig. Marchese Scipione Maffei, etc.*) ont prétendu que la foudre ne venoit jamais des nuages, mais toujours des corps terrestres : d'autres ont cru qu'elle venoit toujours des nuages, et jamais des corps terrestres : d'autres enfin pensent qu'elle vient tantôt des uns, tantôt des autres. En effet, on la voit quelquefois partir de la terre pour s'élancer en l'air; et plus souvent encore on la voit sortir du nuage, et se porter vers la terre. Mais le vrai est que la foudre proprement dite, celle qui frappe les objets terrestres, vient toujours tout-à-la-fois, et des nuages et des corps terrestrss : car, suivant ce que nous venons de dire (2603), la foudre ne peut éclater que par le choc de deux cou-

rans de matière, l'un qui vient du nuage électrisé, et l'autre qui sort du corps foudroyé.

2605. Il y a cependant des éclairs qui paroissent éclater sans le concours de ces deux courans, quoiqu'ils y soient réellement; mais ils sont bien différens de ceux qui annoncent la foudre : ce ne sont, pour ainsi dire, que des lumières diffuses, et qui se passent souvent sans bruit. Ceux-ci ressemblent beaucoup plus aux aigrettes lumineuses et spontanées (2577) qu'on apperçoit aux extrémités et aux angles d'un conducteur isolé et électrisé, et dans lesquelles on peut plonger le doigt sans ressentir aucune douleur, qu'ils ne ressemblent aux étincelles qui éclatent entre le conducteur et le doigt qui s'en approche, et qui ne manque guère de ressentir une piqûre vive, et quelquefois une violente commotion.

2606. Pour se convaincre de plus en plus que le tonnerre n'est autre chose qu'une grande électricité, il suffit de comparer les effets de l'un avec les effets de l'autre. Cette comparaison fera voir que tous ces effets sont les mêmes quant au fond, quoiqu'il y ait des uns aux autres une différence énorme par rapport à la grandeur et à l'intensité. Ces lumières diffuses (2605) qu'on apperçoit quelquefois vers l'horizon à la fin des belles journées d'été, et qu'on appelle *éclairs de chaleur,* sont nos *aigrettes.* Ces éclairs vifs et brillans, qui éclatent entre deux nuages, sont nos *étincelles :* et de même que nos étincelles électriques n'ont jamais lieu sans bruit, ces éclairs en font un, mais énormément plus grand; et c'est le *bruit du tonnerre.* Si ces feux éclatent entre un nuage et un corps terrestre, voilà la *foudre.* On voit que le feu du ton-

nerre va en zig-zags, sans doute pour atteindre les corps les plus propres à le faire fulminer, comme le feu électrique se porte de préférence sur un corps anélectrique ou conducteur. Le tonnerre tue des animaux, sans qu'il paroisse en eux aucune cause de mort : il fond des métaux ou les réduit à l'état d'oxides; mais jamais il ne les revivifie, comme l'a prétendu le *comte de Milly*. (Voyez les *Mém. de l'Acad. des Sciences, année* 1775, *page* 245.) Il perce ou rompt les corps les plus durs : il embrâse les corps combustibles. L'électricité produit, en petit, tous ces effets. On tue un animal en lui donnant la commotion électrique; et l'on ne remarque en lui aucune cause apparente de mort. On fond des bouts de fil de fer, même assez longs, par une pareille commotion : j'ai une fois trouvé mon arc conducteur soudé à la plaque de ma batterie (2275). On réduit, encore par cette commotion, l'or en poudre rouge, semblable au *précipité de Cassius*. On perce un gros carton de 4 ou 5 lignes (9 ou 10 millimètres) d'épaisseur, en faisant passer la commotion au travers. Par une forte étincelle électrique, on embrâse la poudre à canon : par une étincelle beaucoup plus foible, on met le feu à l'esprit-de-vin (2304) : par une étincelle encore beaucoup plus petite, on enflamme le gaz hydrogène (845). Tous ces effets ressemblent en petit aux effets effrayans du tonnerre.

2607. On peut aussi produire les phénomènes électriques en empruntant la vertu électrique d'un nuage orageux, au lieu de l'emprunter d'un globe ou d'un plateau frotté. Pour cela, il ne faut qu'isoler convenablement un conducteur sous le nuage orageux (2600) : et pour avoir de plus grands effets, on

approche du nuage, le plus qu'il est possible, une des extrémités du conducteur, en l'élevant par le moyen d'un cerf-volant, comme *Francklin* l'a fait le premier, vers la fin de l'année 1752. *De Romas*, assesseur du présidial de Nérac, a aussi fait cette expérience, pour la première fois, le 14 mai 1753, et l'a ensuite répétée un grand nombre de fois. Il paroît que c'est lui qui a obtenu les phénomènes les plus saillans, suivant le détail qu'il en a donné dans deux Mémoires imprimés parmi ceux des Savans Etrangers. (Voyez *Mém. des Sav. Etrang. tome II, pag.* 393; *et tome IV, pag.* 514.) Il assure avoir obtenu des jets de feu de 9 à 10 pieds (environ 3 mètres) de long. Pour ne pas s'exposer aux funestes effets de ces terribles étincelles, il les excitoit avec un instrument qu'il a appelé *excitateur*, qui est composé d'un tube de verre de 3 ou 4 pieds (environ $\frac{1}{4}$ de mètre) de long, garni à l'extrémité qu'on présente au conducteur, d'une virole de métal, à laquelle est attachée une chaîne qui touche la terre. Le fluide électrique va, moyennant cette chaîne, se porter au réservoir commun; et n'attaque, en aucune façon, la personne qui fait l'expérience.

Aurores boréales.

2608. Les aurores boréales ne paroissent être autre chose que des phénomènes électriques. La plupart des physiciens modernes pensent que l'aurore boréale est produite par l'inflammation de la matière électrique, que tout le monde convient être en très-grande quantité dans tous les corps, et même dans l'air, et que l'on connoît capables de s'enflammer par le plus petit choc (2579). Ont-ils raison? c'est ce que

que je n'oserois décider, quoique je sois très-porté à être de leur avis.

2609. On a observé que l'aurore boréale fait varier sensiblement la direction de l'aiguille aimantée; mais le fluide électrique influe sur la vertu magnétique, puisqu'il aimante le fer et l'acier (2595): pourquoi donc un fluide, qui y influe de même, ne seroit-il pas le fluide électrique?

2610. L'aurore boréale électrise des pointes isolées, placées dans des tubes de verre : mais ce qui donne la vertu électrique ne doit-il pas être regardé comme produit par la matière électrique? *Messier* assure même avoir entendu, dans le temps d'une aurore boréale, un pétillement, ou un bruit semblable à celui des étincelles électriques; et je crois me ressouvenir d'avoir entendu un pareil bruit dans la même irconstance.

2611. On sait aujourd'hui qu'il y a beaucoup de rapport entre la matière électrique et celle de l'aimant; ne pourroit-on pas dire que la matière électrique se porte vers le nord en plus grande quantité qu'ailleurs, en conséquence du mouvement de la terre sur son axe (1818), et qu'elle sort par les poles, et sur-tout par les poles de l'équateur magnétique? Car les aurores boréales sont presque continuelles dans les régions septentrionales : aussi l'électricité y est-elle beaucoup plus sensible. Tout annonce ici des rapports que des observations plus suivies pourront nous faire mieux connoître.

Des Trombes.

2612. Une trombe est un phénomène effrayant, terrible et capable de causer de grands ravages. Elle commence ordinairement par un nuage qui paroît fort petit, et que les marins appellent le *grain*. Ce nuage se grossit ensuite considérablement, et en fort peu de temps, et devient un amas de vapeurs ressemblant à une grosse nuée, fort épaisse, qui s'alonge de haut en bas, ou de bas en haut, en forme de colonne cylindrique, ou de cône renversé, qui fait entendre un bruit assez semblable à celui d'une mer fortement agitée, qui lance des éclairs et même quelquefois la foudre, qui jette souvent autour d'elle beaucoup de pluie ou de grêle, et qui est capable de submerger les vaisseaux, de renverser les arbres et les maisons, et tout ce qui se trouve exposé à son choc.

2613. Les trombes sont très-rares sur terre, mais assez fréquentes sur mer; et comme on court de très-grands risques lorsqu'on s'y trouve exposé, les marins, qui connoissent ce danger, font tous leurs efforts pour s'en éloigner; et lorsqu'ils ne peuvent pas éviter de s'en approcher, ils tâchent de les rompre à coups de canon avant d'être dessous, afin de prévenir l'inondation dont ils sont menacés.

2614. Quant aux trombes de terre, elles sont capables de causer des ravages affreux. On en a vu dépouiller de leurs feuilles une grande portion des arbres d'une forêt: on en a vu déraciner une grande quantité de ces arbres: on en a vu renverser des maisons, ou en enlever les toits, et en transporter les poutres à de grandes distances. En un mot, elles sont capables

de ravager tout ce qui se rencontre sur leur passage; et la rapidité de leur mouvement est si prodigieuse, qu'il est difficile de s'en garantir.

2615. On peut diviser les trombes en *descendantes* et en *ascendantes*. Les trombes descendantes sont celles qui se portent du nuage vers la terre ou la mer, et les trombes ascendantes sont celles qui se portent de la mer vers le nuage. On leur a attribué des causes absolument insuffisantes. (Voyez *Mémoires de l'Académie des Sciences, année* 1727, *page* 5.) De plus, la même cause ne peut pas rendre raison des trombes descendantes et en même temps des ascendantes: on a donc eu besoin de recourir, pour les unes, à une cause différente de celle des autres. Mais pourquoi assigner deux causes à des effets auxquels une seule peut suffire? Il me paroît donc plus raisonnable, et plus conforme à la simplicité des loix de la nature, de n'attribuer aux trombes descendantes et aux trombes ascendantes qu'une seule et même cause, capable de produire les unes et les autres. C'est ce que je vais tenter de faire, en les regardant comme des phénomènes électriques.

2616. Lorsque deux corps, dont l'un est actuellement électrisé, et l'autre ne l'est pas, sont en présence l'un de l'autre, ils ont l'un vers l'autre une sorte de tendance qui fait que celui des deux qui est le plus libre de se mouvoir, se porte vers l'autre avec plus ou moins de facilité (2286, 2290). C'est là ce qu'on appelle *attraction électrique*. Cette attraction n'est qu'apparente: elle est vraiment l'effet d'une impulsion (2551, 2561). Car il y a entre ces deux corps deux courans de matière, dont les directions sont

opposées (2286), et que nous avons nommé *effluences et affluences simultanées.* La matière effluente se porte du corps actuellement électrisé vers celui qui ne l'est pas, et la matière affluente se dirige du corps non électrisé vers celui qui l'est actuellement. Ce sont ces deux courans qui occasionnent tous ces mouvemens connus sous les noms d'*attractions* et de *répulsions électriques* Et l'on sait que de ces deux courans il y en a toujours un qui est plus fort que l'autre. Ces faits, qui sont aujourd'hui bien constatés, et bien prouvés par l'expérience, me paroissent suffire pour expliquer physiquement le phénomène des trombes.

2617. Lorsqu'un nuage fortement électrisé se présente à une distance convenable de la terre, il s'établit aussitôt entre les corps qui sont à sa surface et le nuage électrisé, les deux courans de matière dont nous venons de parler (2616). Le nuage lance de toutes parts, et plus fortement qu'ailleurs vers les corps terrestres, des rayons de la matière effluente; et dans le même temps les corps terrestres lui rendent une matière semblable (2283, 2520), en lui fournissant la matière affluente. Si le courant de la matière effluente est le plus fort, les particules de vapeurs qui composent le nuage sont entraînées par cette matière effluente, et forment la colonne cylindrique ou conique d'où résulte la *trombe*, que j'appelle *descendante*, qui a plus ou moins de diamètre, et qui se porte plus ou moins loin, suivant le degré d'énergie de la vertu électrique du nuage. Si, au contraire, c'est le courant de la matière affluente qui a le plus de force, et que le nuage électrisé se présente vis-à-vis de corps qui aient la liberté de se mouvoir, comme lorsqu'il se trouve au-dessus de la surface de la mer

ou d'un grand lac, alors la matière affluente entraîne avec elle une quantité de particules aqueuses assez considérables pour former cette colonne que l'on voit s'élancer vers le nuage, et qu'on peut appeler *trombe ascendante.*

2618. L'expérience est ici parfaitement d'accord avec le raisonnement. J'ai rempli d'eau un petit vase de métal, un dé à coudre, et je lui ai présenté, à quelques pouces de distance, un tube nouvellement frotté. Aussitôt l'eau du vase s'est élevée en forme de monticule, qui s'est soutenu jusqu'à ce qu'il en soit parti une étincelle ; après quoi il est retombé. Pendant que l'eau étoit ainsi suspendue, on entendoit un petit bruissemeut ; et le côté du tube, qui étoit tourné vers le vase, s'est trouvé tout couvert de petites parcelles d'eau. (Cette expérience est connue : mais pour qu'elle réussisse bien, il faut que le temps soit favorable et l'électricité un peu forte.) Cette expérience m'a donc donné, en petit, l'image d'une trombe ascendante ; et il n'est pas douteux que, si le corps électrisé que je présentai au-dessus de mon vase plein d'eau, eût été composé de parties mobiles entr'elles, j'aurois pu avoir aussi l'image d'une trombe descendante.

2619. De plus, si nous faisons attention aux circonstances qui accompagnent cette expérience, nous verrons qu'elles sont tout-à-fait conformes à celles qui accompagnent le plus souvent les trombes. 1°. L'eau demeure suspendue en forme de monticule, jusqu'à ce qu'il en parte une étincelle ; après quoi, elle retombe : de même, il arrive souvent que les trombes lancent des éclairs, et font entendre le bruit du ton-

nerre, qui sont reconnus aujourd'hui pour des phénomènes électriques (2599); après quoi, les trombes ne manquent guère de se dissiper. 2°. Le petit bruissement que l'on entend dans notre expérience, pendant que l'eau demeure suspendue, est causé par l'éruption et le choc des deux courans des matières effluente et affluente : la même chose arrive dans les trombes, mais avec une violence proportionnée à la grandeur du phénomène. C'est là ce qui cause ces ouragans, et ce qui fait entendre ce bruit assez semblable à celui d'une mer fortement agitée. 3°. Dans notre expérience, près de la surface de l'eau du petit vase, où la matière affluente a assez de vîtesse et de densité, l'eau y est soutenue de manière à former une espèce de petite colonne ; et partout ailleurs les rayons trop rares ne peuvent entraîner que des particules d'eau presque imperceptibles, qui se répandent aux environs, et dont une partie se trouve adhérente au tube; de même, dans les trombes, partout où la matière effluente ou affluente a assez de vîtesse et de densité, elle soutient les vapeurs aqueuses assez rapprochées les unes des autres pour former cette colonne, d'où résulte le phénomène; mais partout ailleurs les rayons de cette matière, devenus trop rares, ne peuvent entraîner ou soutenir que des vapeurs très-déliées, qui occasionnent cette espèce de fumée épaisse que l'on apperçoit souvent autour des trombes. Si les vapeurs aqueuses qui forment la colonne se trouvent, pendant la durée du phénomène, assez condensées pour se réunir en gouttes, lorsqu'elles cessent d'être soutenues, elles tombent en pluie ou même en grêle, si le froid a été assez grand pour les geler ; sinon il n'en résulte qu'une espèce de nuage

que le vent emporte ou dissipe. Voilà pourquoi ces trombes se passent quelquefois sans pluie ; et que d'autres fois elles en fournissent une considérable.

2620. La figure du cône renversé, que prend souvent la colonne (2612), peut encore s'expliquer très-bien par le principe que j'ai établi. L'on sait que les rayons de la matière effluente, qui partent d'un corps actuellement électrisé, sont divergens entr'eux (2301) : mais l'on sait aussi qu'à l'approche d'un corps an-électrique, ces mêmes rayons se détournent de leur route, se dirigent vers ce corps, et de divergens qu'ils étoient, deviennent convergens (2559). La même chose arrivant aux rayons de matière effluente qui partent d'un nuage électrisé, qui se trouve à une distance convenable des corps terrestres non-électrisés, les particules de vapeurs entraînées par cette matière, doivent prendre entr'elles un arrangement conforme à la direction du mouvement de la matière qui les entraîne, d'où doit résulter la forme d'un cône, dont le sommet soit tourné vers les corps terrestres, et la base vers le nuage.

2621. De tout ce que nous venons de dire (2616 *et suiv.*), il est aisé de voir que les trombes, soit descendantes, soit ascendantes, ainsi que toutes les circonstances, soit constantes, soit accidentelles, qui les accompagnent, sont produites par une seule et même cause ; et qu'elles ne sont autre chose que des phénomènes électriques.

On peut ajouter à ceci les tremblemens de terre, qui sont aussi des phénomènes électriques. On a eu des preuves qu'ils s'étendent à des distances immenses dans le même instant. Le tremblement de terre qui

a eu lieu à Lisbonne, en 1755, s'est fait sentir le même jour, et à la même heure, jusqu'à Lima au Pérou, et sur mer, dans toute la ligne de Lisbonne à Lima, de sorte que les vaisseaux, qui se sont trouvés sur cette ligne, ont reçu des secousses qui leur ont fait croire qu'ils avoient touché à des rochers, quoique, au moyen de la sonde, on n'en ait trouvé aucun.

Il n'y a que l'électricité qui puisse produire un pareil phénomène.

CHAPITRE XX.

Du Galvanisme.

2622. Le docteur Galvani, de Bologne, observa, en 1764, que des organes nerveux ou musculaires, mis en contact avec des métaux, éprouvoient une irritation, qui se manifestoit par des mouvemens très-sensibles.

2623. On donna à cette propriété animale le nom de *Galvanisme*, du nom de *Galvani*, qui l'avoit observé le premier.

2624. En effet, si l'on prend la partie inférieure d'une grenouille écorchée, et qu'on la mette sur un disque de zinc; et qu'avec une espèce de compas de cuivre, on fasse communiquer le dessus du muscle avec le zinc qui est dessous, le muscle se met en convulsion.

2625. Avec l'appareil de *Volta* on produit des

effets beaucoup plus intenses, plus énergiques et plus variés.

2626. Avant de décrire cet appareil, il est bon de parler des conducteurs du *Galvanisme.*

2627. Il y a des *bons* et des *mauvais* conducteurs du *Galvanisme.*

2628. Les *bons* sont l'eau, les corps humides et les métaux. L'or, l'argent, le zinc et l'étain, paroissent les meilleurs et les plus efficaces.

2629. Les *mauvais* sont le verre, les résines, les bitumes, le soufre, la cire, l'air sec, le diamant, les oxides métalliques, les os, les huiles, l'épiderme, les poils des animaux, etc.

2630. Les substances qui tiennent le milieu entre celles-ci, sont les matières charbonneuses, les chairs depouillées de leur épiderme, etc.

Appareil de Volta.

2631. *Volta*, qui a fait un grand nombre d'expériences de ce genre, s'est servi, pour les faire, de l'appareil suivant. On se munit de plusieurs disques de zinc, de cuivre ou mieux encore d'argent (1), et de carton ou de drap bien imbibés, ou d'eau pure, ou d'eau salée ou saumure, ou d'une lessive alkaline. Trois de ces substances forment une série.

2632. On forme une pile de 20 ou 30 de ces séries, dans l'ordre suivant. Sur un disque de zinc, on place un disque de carton ou de drap imbibé, et sur ce dernier un disque d'argent. Ces trois

(1) On peut employer à cet appareil des pièces de monnoie de cuivre ou d'argent.

disques forment une série : ensuite on recommence à placer un disque de zinc, un de drap et un d'argent, et ainsi de suite. (Si le nombre des séries étoit considérable, il en faudroit soutenir la pile entre trois tubes de verre).

2633. Cette pile, tant qu'elle est bien humectée, est la source constante et inépuisable du courant galvanique, qui parcourt tout conducteur en contact avec ses extrémités. Il faut donc que ce conducteur touche d'une part la partie inférieure de la pile, et d'autre part sa partie supérieure.

2634. Si ce conducteur est un animal ou un homme, et que ses parties, qui touchent les extrémités de la pile ou les conducteurs qui communiquent avec ces extrémités, soient mouillées, l'homme ou l'animal éprouve une commotion plus ou moins forte. Cette commotion est d'autant plus forte que la pile est composée d'un plus grand nombre de séries. Nous venons de dire que les parties qui touchent les extrémités de la pile ou les conducteurs qui y communiquent, doivent être mouillées : la raison en est que cette commotion ne peut pas traverser la peau sèche. Il faut donc mouiller une partie de chaque main : puis, tenant dans chacune un fil de métal, toucher le bas et le haut de la pile, ou les conducteurs qui communiquent avec ces deux extrémités. On peut aussi faire arriver ces conducteurs dans deux vases pleins d'eau et séparés dans lesquels on plonge un doigt de chaque main.

2635. La pile étant composée de vingt séries de ces disques, occasionne un choc qui se fait sentir

dans les bras. Avec 100 séries, le choc se fait éprouver jusqu'aux épaules.

2636. Le courant galvanique agit sur l'animal pendant tout le temps qu'il fait partie du circuit, surtout toutes les fois qu'il cesse d'y toucher pour y retoucher tout de suite.

2637. S'il se trouve une coupure ou une écorchure vers les extrémités qui sont en contact avec la pile ou avec les conducteurs qui y communiquent, on y éprouve une sensation si douloureuse, qu'on la supporte difficilement.

2638. *Volta* regarde ces effets comme vraiment électriques. Il prétend que le côté positif est au zinc, et le côté négatif à l'argent.

Il dit avoir remarqué que, là où l'épiderme est enlevé, la commotion est plus piquante du côté négatif. (Nous examinerons, ci-après, si *Volta* a raison).

Théorie de Volta.

2639. Tous les conducteurs dont les facultés conductrices sont différentes, occasionnent un courant, lorsqu'ils sont mis en contact. Dans ce cas les métaux peuvent ne se toucher que par un point, mais les surfaces humides doivent se toucher dans une plus grande étendue.

2640. Les effets sont les mêmes, soit qu'on mette en contact le zinc et l'argent ou le cuivre, soit qu'on les fasse communiquer par plusieurs autres métaux; pourvu que l'eau ne soit en contact qu'avec le zinc et l'argent ou le cuivre.

Si l'on fait usage du zinc, l'eau salée est préférable à la lessive alkaline, pour humecter les disques

de carton ou de drap : mais cette lessive produit un meilleur effet, quand on fait usage de disques d'étain, au lieu de disques de zinc.

2641. Les effets augmentent d'intensité, lorsqu'on élève la température de l'appareil.

2642. L'éclair galvanique (lumière qu'on aperçoit, même les yeux fermés) est produit quand le conducteur du circuit est appliqué à une partie de la face ou même de la poitrine. L'action la plus forte a lieu, quand on tient entre les dents, et posant sur la langue, le métal qui termine le circuit. Alors les lèvres et la langue éprouvent une secousse convulsive; l'éclair paroît aux yeux : et l'on éprouve, dans la bouche; une saveur acide.

Volta s'est introduit, dans chaque oreille, une sonde métallique, il a fait ainsi passer le choc au travers de sa tête, et l'a laissée en permanence dans le circuit. Alors il a entendu un son particulier, à-peu-près semblable à un pétillement ou à une ébullition. (Il ne croit pas qu'il soit prudent de répéter cette expérience). Il n'a pas pu affecter l'odorat par tous ces procédés; il l'attribue à l'impossibilité de répandre dans l'air cette sorte d'électricité.

2643. *Volta* dit qu'en enfermant les piles dans de la cire ou de la poix, pour empêcher l'humidité de se dissiper, il a réussi à former 2 piles de 20 séries de disques chacune, qui ont produit les effets galvaniques pendant plusieurs semaines : et il espère qu'elles conserveront cette faculté pendant plusieurs mois.

2644. Suivant *Volta*, la combinaison la meilleure pour produire les effets galvaniques, est la

suivante. Elle est formée d'une rangée de verres, qui tiennent de l'eau chaude ou de la saumure. On plonge dans chacun une plaque de zinc et une d'argent, d'un pouce quarré, et qui ne se touchent pas. On établit entre ces verres des communications métalliques, disposées de manière que, touchant d'une part le zinc d'un verre, elles aillent toucher l'argent de l'autre: et ainsi de suite. On éprouve la commotion, en plongeant un doigt de chaque main dans le premier et le dernier verre; ce qui termine le circuit.

2645. *Volta* dit que l'appareil galvanique a de très-grands rapports avec l'organe électrique de la *Torpille*. Je pense qu'il a raison. Je crois même que cet organe de la Torpille est un véritable appareil galvanique, et même plus fort que ceux que nous savons former.

2646. Le *Galvanisme* est donc, selon *Volta* au nombre des phénomènes électriques. Mais il ne dit rien des phénomènes chimiques du Galvanisme, annoncés, par *Fabroni;* sur-tout de la rapide oxidation du zinc.

Expériences de Nicholson et Carlisle.

2647. C'est à ces deux observateurs, *Nicholson* et *Carlisle,* que nous devons les recherches suivantes.

2648. Ils ont éprouvé un choc et une sensation cuisante, partout où l'épiderme étoit enlevé.

2649. Ils disent, comme *Volta,* que l'extrémité de la pile terminée par l'argent est négative; et que celle terminée par le zinc est positive.

2650. L'action de l'appareil se transmet par les

conducteurs d'électricité; mais elle est interceptée par les idio-électriques.

2651. Dans certaines dispositions de l'appareil (*on ne dit pas quelles sont ces dispositions*), on a senti l'odeur du gas hydrogène (*Il y a donc eu là probablement de l'eau décomposée.*) Cela a fait imaginer à *Nicholson* de mettre dans le circuit, entre le haut et le bas de la pile, un tube plein d'eau, par les deux extrémités duquel il fit passer, au travers des bouchons, deux pointes de métal distantes de 1 pouce trois quarts. La pile étoit de 36 séries; chaque série étoit composée d'un petit écu, d'un disque de carton imbibé, et d'un disque de zinc; et l'argent étoit au bas.

2652. Peu après l'application du tube dans le circuit, entre le haut et le bas de la pile, on vit paroître un petit courant de bulles très-fines, qui sembloient sortir de la pointe du fil de métal inférieur dans le tube; c'étoit celui qui communiquoit à la pièce d'argent, sur laquelle étoit élevé tout l'appareil.

La pointe opposée se ternissoit à mesure : elle prit d'abord une couleur d'orangé foncé; puis elle devint noire.

2653. Lorsqu'on renversoit le tube, le gas sortoit toujours de la pointe devenue inférieure; et l'autre se ternissoit proportionnellement. (*Cette expérience ne s'accorde pas avec les côtés positif et négatif.*) En retournant de nouveau le tube, les phénomènes se présentèrent comme dans la première position. On laissa le tout en cet état pendant 2 heures et demie.

2654. Le fil supérieur lâcha peu à peu des nuages d'une espèce d'écume blanchâtre, qui, vers la fin du procédé, passèrent au vert, et demeurèrent suspendus, en filets verticaux, au dernier demi-pouce du fil de métal. Ce qui s'en échappoit, troubloit l'eau, et formoit un dépôt vert-pâle sur la partie inférieure du tube, lequel étoit alors incliné d'environ 40 degrés à l'horizon.

2655. Le fil intérieur, long de trois quarts de pouce, donnoit constamment du gas, excepté quand on appliquoit à l'appareil un autre circuit ou communication par un conducteur parfait. L'écoulement du gas étoit alors suspendu. Il se renouveloit au bout d'environ 2 secondes, lorsqu'on supprimoit la communication établie par ce conducteur additionnel.

2656. Le gas produit pendant les 2 heures et demie de travail de l'appareil, a été de $\frac{1}{15}$ de pouce cube. On l'a mêlé avec une quantité égale d'air athmosphérique; et il a détonné au contact de la flamme d'un fil ciré.

2657. On renversa la pile, de manière que le zinc se trouva au bas : les effets furent aussi renversés; c'est-à-dire, que le gas fut produit par le fil supérieur, qui étoit alors en communication avec la pièce d'argent. (*Ceci reprend le cours des états positif et négatif.*)

2658. Il paroît qu'en général l'écoulement du gas d'une part, et l'oxidation de l'autre, sont d'autant plus rapides, que les extrémités des deux fils sont plus rapprochées l'une de l'autre, excepté lorsqu'elles se touchent; car alors ces effets n'ont pas lieu.

2659. Le 6 Mai, M. *Carlisle* répéta l'expérience avec des fils de cuivre, et de l'eau teinte en bleu par le tournesol. Le fil oxidant, en communication avec le zinc, étoit en bas. Cette eau devint rouge au bout d'environ 10 minutes, jusqu'à la hauteur de l'extrémité supérieure du fil inférieur; le reste de la liqueur conserva la teinte bleue.

2660. Dans une expérience analogue, faite à Genève, les fils étant de laiton, celui qui communiquoit avec le zinc se trouvant en haut, l'eau teinte avec le sirop de violette, passa au vert dans la partie supérieure du tube : le reste de la liqueur conserva la couleur violette. Il paroîtroit donc que, dans l'expérience du 6 mai, il y a eu formation d'un acide, et dans l'expérience de Genève, formation d'un alkali. (*Nouvelle difficulté.*)

2661. Il paroît qu'un plus grand nombre de séries est plus efficace, qu'une augmentation de la surface de chacun des disques : le plus ou le moins de leur épaisseur ne change rien à l'intensité des effets.

Comme le zinc est en quelque façon corrodé à sa surface oxidée, il faut nétoyer cette surface à la lime ou au sable, chaque fois qu'on rétablit une nouvelle pile.

2662. La décomposition de l'eau par des fils de platine, sans oxidation du métal, a fourni le moyen d'obtenir, séparés l'un de l'autre, les deux gas fournis par l'eau.

Sous deux petits récipiens, pleins d'eau et renversés, on a fait passer des fils de platine, dont l'un communiquoit avec le zinc de la pile, et l'autre avec l'argent de la même pile. Les gas sont sortis en forme de

de nuage, mais en plus grande quantité du côté de l'argent, qui fournissoit le gas hydrogène. On a laissé cet appareil en action pendant 13 heures; on a transvasé séparément les deux gas ; et l'on a trouvé $680^{\text{l c.}},21856$ de gas oxigène, et $1311^{\text{l. c.}},54144$ de gas hydrogène : de sorte que le volume total des deux gas étoit de $1^{\text{po. c.}}, 17$. Le gas hydrogène, mêlé avec un tiers d'air athmosphérique, detonna vivement.

2663. Les dissolutions de sulfate d'alumine (*alun*), de muriate de soude (*sel marin*), et sur-tout de muriate d'ammoniaque (*sel ammoniac*), augmentent beaucoup l'énergie de l'appareil galvanique.

2664. Il faut que la pile, qui forme cet appareil, soit touchée par l'air; car, dans le vide, les effets diminuent d'autant plus que le vide approche le plus du parfait : et si l'on plonge la pile dans l'eau, les effets cessent.

2665. Une très-petite bouteille de Leyde se charge en quelque façon, si l'on applique, pendant quelques minutes, son bouton à une des surfaces de la pile, et qu'on applique, en même temps, l'autre main à l'autre surface. La bouteille semble obéir à loi générale. Les deux surfaces s'affectent différemment ; elle attire ou repousse, mais elle ne donne pas de commotion.

2666. Les mains étant bien mouillées, et les cartons de la pile étant imbibés d'une dissolution de muriate de soude (*sel marin*) ou de muriate d'ammoniaque (*sel ammoniac*), si l'on touche du doigt les deux extrémités de la pile, on éprouve une commotion qui s'étend jusqu'au coude. Plusieurs per-

sonnes, formant la chaîne, éprouvent la même commotion, mais un peu plus foible.

2667. Un fil de fer très-délié, étant fixé au bout supérieur de la pile, adhère à un fil pareil qu'on lui présente. Si l'on touche à-la-fois les deux extrémités de la pile, avec un même fil de fer, il s'excite, au moment du contact, une espèce d'étincelle et un point lumineux, et quelquefois une gerbe rougeâtre.

On a éprouvé depuis, qu'on obtient plus vîte l'étincelle, lorsque l'extrémité d'un des conducteurs est terminée par une pointe de fil de fer très-fin, et l'extrémité de l'autre par un bouton : et cette étincelle est alors accompagnée d'une forte détonnation.

2668. Mais pour avoir la plus grande intensité de cet effet, il faut revêtir d'une feuille d'or la pointe et le bouton des conducteurs.

On se sert avec succès de cet appareil pour l'inflammation du phosphore, du soufre sublimé, du gas fulminant, et même de la poudre à canon : et dans ces expériences, la feuille d'or, qui recouvre les extrémités des conducteurs, se fond en globules plus ou moins parfaits, suivant la force de l'étincelle.

2669. *Humphry Davy,* démonstrateur de chymie de l'*Institution royale* de la Grande-Bretagne, a observé qu'on produit les effets galvaniques en combinant des disques d'un *seul métal* avec des couches de liquides différens, dont l'un puisse oxider le métal, et l'autre ne le puisse pas. Jusque-là, il avoit toujours fallu au moins deux métaux différens; ou un métal, du charbon, et une couche de liquide.

2670. *Davy,* pour obtenir les effets galvaniques

avec un seul métal et des liquides différens, a trouvé trois différentes combinaisons.

2671. *Première combinaison.* On fait usage d'un disque d'étain poli, d'un pouce quarré et de $\frac{1}{10}$ de pouce d'épaisseur : on place par-dessus deux disques d'étoffe; le premier imbibé d'acide; et le second imbibé d'eau pure. Ces trois disques forment une série, à laquelle on en ajoute autant d'autres que l'on veut. Le fil conducteur, qui communique à la surface oxidée, dégage l'hydrogène.

On peut aussi former cette première combinaison en faisant usage d'un disque de zinc ; on place par-dessus trois disques d'étoffe; le premier imbibé de liquide oxidant; le second de sulfate de potasse en liqueur (*tartre vitriolé*); et le troisième imbibé de sulfure de potasse (*foie de soufre à base d'alkali végétal*). Ce dernier n'a point d'action sur le zinc, et l'empêche de s'oxider par l'eau.

2672. *Seconde combinaison.* On fait usage d'un disque ou d'argent, ou de cuivre, ou de plomb. Le cuivre est le plus actif des trois. On place sur ce disque deux disques d'étoffe : le premier imbibé de sulfure de potasse en liqueur (*foie de soufre à base d'alkali végétal*); et le second imbibé d'eau.

2673. *Troisième combinaison.* On fait usage, comme dans la seconde, d'un disque ou d'argent, ou de cuivre, ou de plomb, par-dessus lequel on place deux disques d'étoffe ; le premier imbibé de liquide oxidant ; et le second de sulfure de potasse en liqueur (*foie de soufre à base d'alkali végétal*).

On peut aussi former la pile, comme celle de la première combinaison, en faisant usage d'un disque

de zinc, par-dessus lequel on place trois disques d'étoffe : le premier imbibé d'acide nitreux étendu ; le second imbibé de sulfure de potasse en liqueur (*tartre vitriolé*) ; et le troisième de sulfure de potasse en liqueur (*foie de soufre à base d'alkali végétal*).

2674. Dans la première et la troisième de ces combinaisons, les disques de métal, qui font partie de la pile, (si l'on en excepte l'inférieur), ont en dessous le sulfure de potasse ; et en dessus le liquide oxidant. L'hydrogène est produit par le côté oxidant ; et l'oxigène par l'autre.

2675. Les expériences réussissent également bien, soit que les métaux soient purs, soit qu'ils soient mêlés d'un peu d'alliage.

2676. Les physiciens de Berlin ont fait une expérience propre à persuader que l'électricité et le galvanisme sont de nature différente.

Ils ont isolé leur appareil galvanique, et, avec lui, un tube de verre où l'influence galvanique pouvoit opérer la décomposition de l'eau. Le tout exposé à l'action d'une forte machine électrique, ils en ont obtenu des étincelles très-considérables ; et cependant la décomposition de l'eau n'a eu nullement lieu dans le tube ; ce qui tend à démontrer qu'il n'existe point d'analogie entre le fluide électrique et le fluide galvanique, et que leur action est indépendante l'une de l'autre.

2677. En effet, il y a, à la vérité, des traits de ressemblance entre l'électricité et le galvanisme : mais il y a aussi des différences très-marquées.

Ressemblances entre l'Électricité et le Galvanisme.

2678. 1°. L'action de l'électricité et celle du galvanisme se propagent l'une et l'autre avec la plus grande rapidité, et par les mêmes conducteurs.

2679. 2°. Toutes deux agissent aisément au travers des métaux et des corps humides; tandis qu'elles pénètrent difficilement le verre, la cire et les résines.

2680. 3°. Les corps doués de galvanisme attirent ou repoussent les corps doués d'électricité.

2681. 4°. Le galvanisme cause aux êtres animés des commotions approchantes de celles de la bouteille de Leyde : cependant beaucoup plus foibles.

Différences entre l'Électricité et le Galvanisme.

2682. 1°. Les attractions et répulsions galvaniques sont très-foibles, en comparaison des attractions et répulsions électriques.

2683. 2°. Les métaux homogènes interceptent souvent, ou font cesser l'action galvanique; tandis que l'action électrique se propage, par leur moyen, avec la plus grande facilité.

2684. 3°. La chaîne de l'expérience de Leyde peut être formée par un seul métal, ou par de l'eau seule, etc. Au lieu que la chaîne galvanique doit être formée par au moins deux métaux différens, et, le plus souvent, des corps humides, ou même de l'eau.

2685. 4°. Une bouteille de Leyde, une fois déchargée, ne produit plus d'effet, à moins qu'on ne

la recharge de nouveau. Au lieu que la pile galvanique se *galvanise* elle-même ; que ses effets se renouvellent sans cesse ; et que ce n'est qu'en la déchargeant avec de très-gros conducteurs, qu'on les diminue ; encore n'est-ce que pour un instant : l'instant suivant, tous ces effets se reproduisent.

2686. 5°. La bouteille de Leyde se décharge toujours par le moyen de l'eau ; pour peu qu'il y ait de l'humidité continue d'une surface à l'autre, ses effets sont anéantis. Au lieu que la pile galvanique a beau ruisseler d'eau, dont ses cartons sont imbibés, ses effets conservent toute leur intensité : ces effets ne cessent que lorsqu'elle est entièrement plongée dans l'eau.

2687. Il résulte de tout ceci une assez grande quantité de faits singuliers et curieux ; mais nous en sommes réduits, relativement au *Galvanisme*, comme relativement à l'*Électricité* et au *Magnétisme* : quoique dans ces trois genres nous connoissions un grand nombre de phénomènes bien déterminés, certains et invariables, nous n'en sommes pas plus instruits sur les causes : nous n'en avons aucune connoissance.

Quelques-uns prétendent que le Galvanisme a la propriété de guérir certaines maladies : cela n'est point du tout prouvé.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS CET OUVRAGE.

N. B. *Les nombres cités indiquent les articles et non les pages.*

A

C

D

F

G

H.

I.

L.

M.

N.

O.

P.

Pendule ;

Q

R

S

T

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

DE L'IMPRIMERIE DE BOSSANGE, MASSON ET BESSON.



ERRATA.

Page 57, *ligne* 29; parcoure, *lisez* parcourt.
—— 77, *ligne* 25; frapde, *lisez* frappe.

AVIS AU RELIEUR.

Les planches doivent être placées de manière qu'en s'ouvrant, elles puissent sortir entièrement du livre, et se voir à droite dans l'ordre qui suit :

Tome premier.

Planche	Page
Planche 1, après la page	94
2	130
3	168
4	192
5	224
6	274
7	292
8	304
9	312
10	322
11	334
12	352

Tome second.

Planche	Page
Planche 13	86
14	102
15	154
16	230
17	234
18	242
19	250
20	258
21	272
22	286
Planche 23, après la page	286
24	314
25	316
26	322
27	336
28	366
29	376
30	402
31	420

Tome troisième.

Planche	Page
Planche 32	98
33	126
34	130
35	138
36	144
37	160
38	176
39	206
40	216
41	236
42	402
43	406
44	410
45	416
46	424

BRISSON.

TRAITE

DE

PHYSIQUE.

TOME I.

BRISSON.

TRAITE

DE

PHYSIQUE.

TOME II.

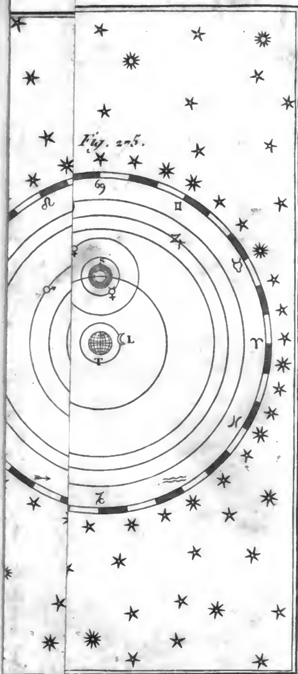
BRISSON.

TRAITE

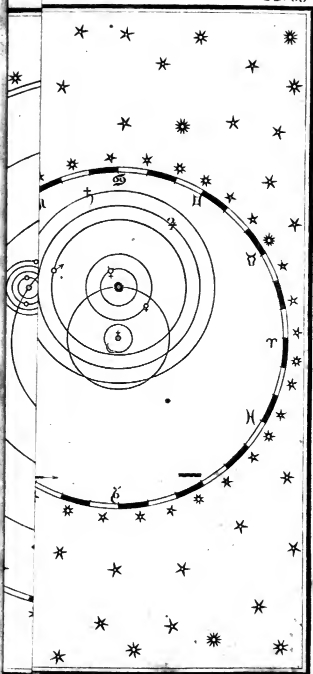
DE

PHYSIQUE.

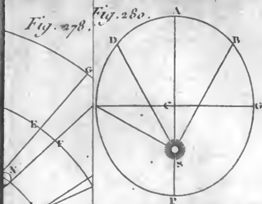
TOME III.



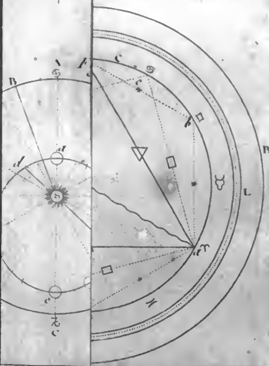
Benard Direxit.



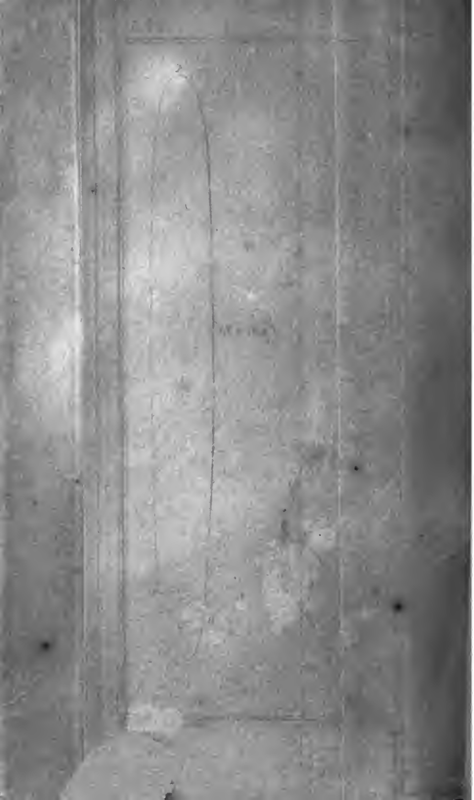
Pl. 34.

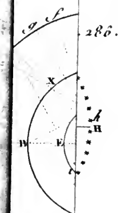


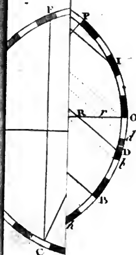
. 282.



Benard Direxit







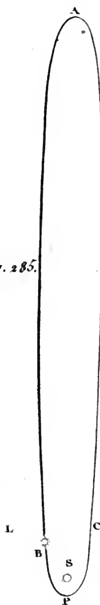


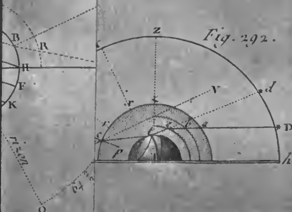
Fig. 285.

Benard Direxit



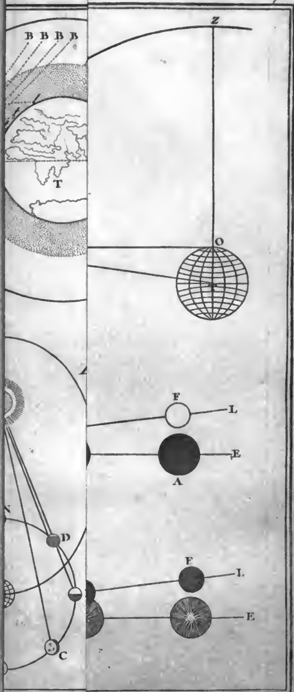
Fig. 291.

B P G T K O z R l S L P M d G E z

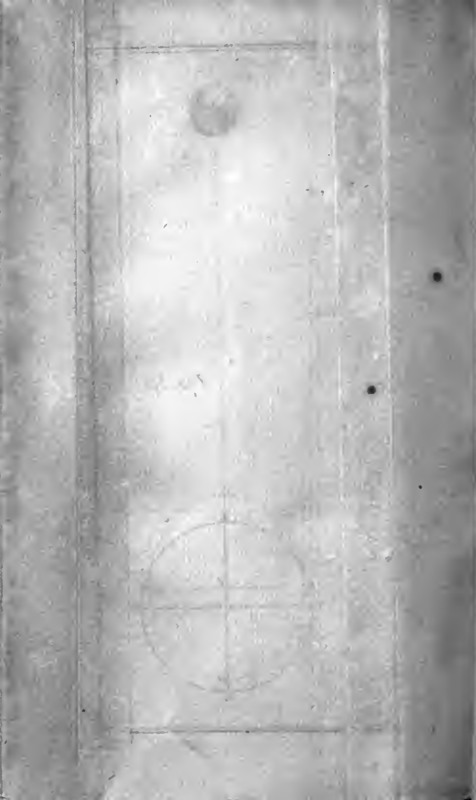


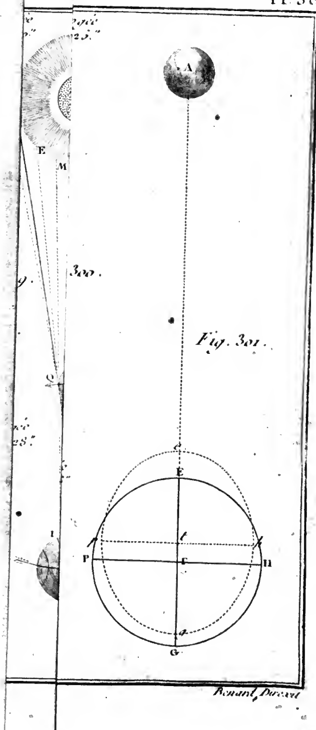
Benard Direxit



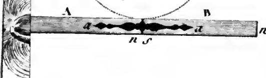


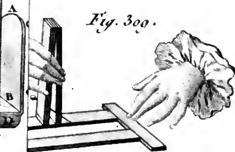
Benard Direxit.

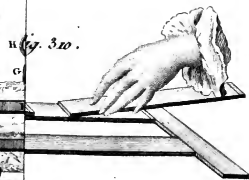




Benard, Direxit

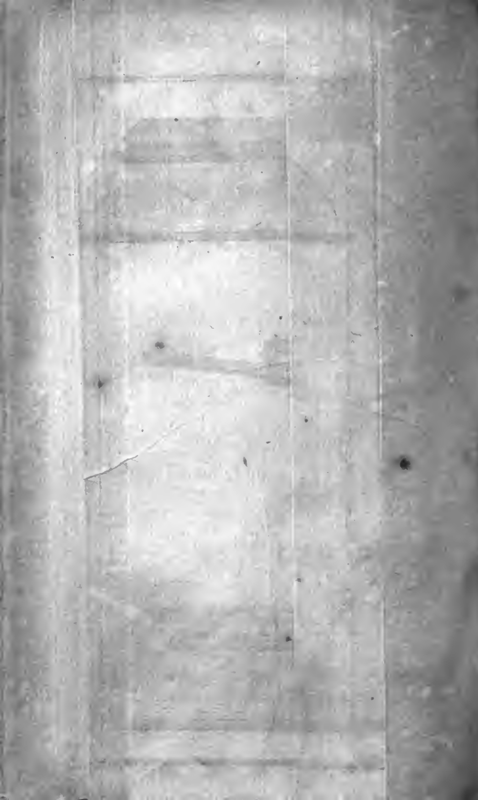




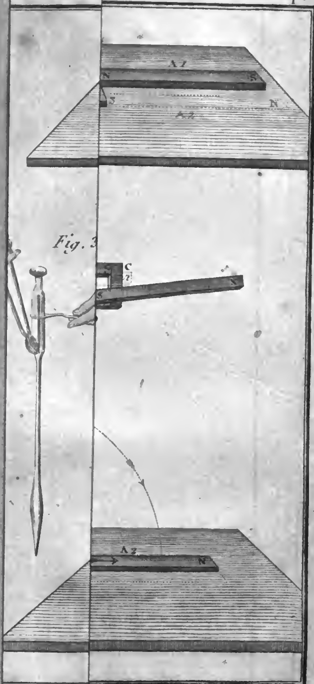




Benard Direxit.



Pl. 40.



Renard Direxit.



Fig. 320.

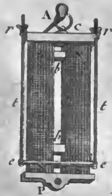
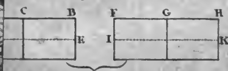




Fig. 321.



Fig. 324.



Benard Direxit



Pl. 42.



Benard Direxit.



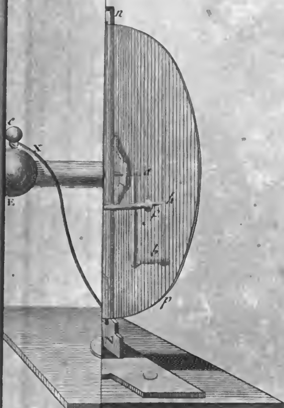
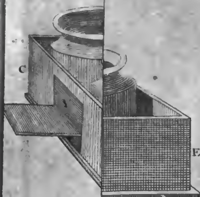
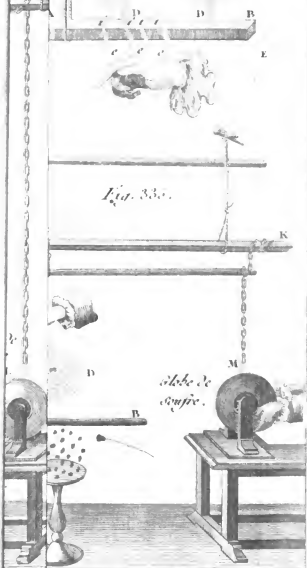


Fig. 330.







Benard Direx.

340.

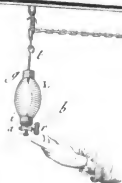


Fig. 338.

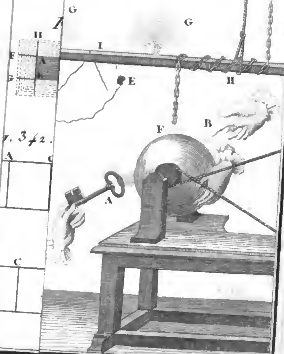


Fig. 342.

A C

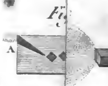
C

Benard Direxit

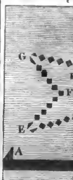


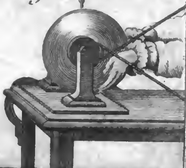












Benard Direxit.